

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SUBSTRATOS E ESTAQUIA NA PRODUÇÃO DE MUDAS
DE CACAUEIRO**

**George Andrade Sodré
Engenheiro Agrônomo**

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL
Maio de 2007

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SUBSTRATOS E ESTAQUIA NA PRODUÇÃO DE MUDAS
DE CACAUEIRO**

George Andrade Sodré

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Corá

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia – (Produção Vegetal).

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

Maio de 2007

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

GEORGE ANDRADE SODRÉ - nascido aos 25 dias do mês de fevereiro de 1960, em Itabuna - BA, é Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal da Bahia em 1985 e Professor de Formação Especial do Segundo Grau pela Universidade Federal Rural de Pernambuco em 1990. Atuou na Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - Ceplac, como Professor da Escola Agrotécnica Emarc-Itapetinga de 1986 a 1996. Obteve o grau de Mestre em Solos e Nutrição Mineral de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa em 1999. Trabalha como Pesquisador em Solos no Centro de Pesquisas do Cacau, da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - Ceplac, e como Professor de Fitotecnia na Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC, Ilhéus - BA. Iniciou o curso de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Unesp, Câmpus de Jaboticabal-SP, em agosto de 2003. Realizou estágio de setembro a novembro de 2005 na Empresa Burés S/A, sediada em Barcelona, Espanha, na qual desenvolveu parte da sua pesquisa com modelos para estimativa da capacidade de retenção de água em substratos.

Aos meus pais, **Valmir e Nilzete Sodré**,
pelo amor incondicional que recebo em todos os momentos da vida

OFEREÇO

Aos meus irmãos **Sérgio e Jeane**, sobrinhos **Renata e Filipe** e cunhado **Renato** pela
ajuda e apoio.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho e, particularmente às seguintes pessoas e empresas:

À FCAV - Unesp e professores do curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal pelos ensinamentos ministrados.

À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - Ceplac e aos colegas da Seção de Solos e Fisiologia Vegetal pela ajuda na realização de análises.

À Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC e aos colegas do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, DCAA, pelo apoio e ajuda para a realização do curso.

Aos técnicos: Lindolfo Pereira, Renato Novaes, Vivaldino, Nelson, Edmundo Andrade, Waldemar e José Valter.

À empresa Burés S/A, sediada em Barcelona, Espanha, e à pesquisadora Silvia Burés pela oportunidade de realizar estágio em seu laboratório.

Ao Instituto Biofábrica do Cacau pela cessão de material para a execução de experimentos.

Ao Professor Dr. José Eduardo Corá pela orientação e incentivo.

Aos amigos Ronaldo Argolo, André Barreto, Olimpio, Basílio, Dan, Paulo Marrocos, Fátima, Isabel, Raul Valle, Regina e Helena Serôdio pelo apoio e amizade.

Aos colegas do curso de pós-graduação e aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal pela alegre convivência.

Aos membros da Comissão examinadora, Dra. Carolina Fernandes, Dr. Paulo César Lima Marrocos, Dr. Carlos Ruggiero e Dr Antônio Baldo Geraldo Martins.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
SUMMARY.....	viii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Características gerais do cultivo de cacaueteiro.....	1
Multiplicação vegetativa de cacaueteiro.....	2
Substratos para produção de mudas.....	3
Atributos físicos de substratos.....	4
Atributos químicos de substratos.....	5
Manejo de substratos em recipientes.....	7
Tegumento da amêndoa do cacau como substrato.....	8
Serragem como substrato.....	9
Areia como substrato.....	10
Referências	12
CAPÍTULO 2 – CENTRIFUGAÇÃO: UM MÉTODO RÁPIDO PARA ESTIMAR A ÁGUA RETIDA EM SUBSTRATOS.....	18
Resumo.....	18
Introdução.....	19
Material e Métodos.....	21
Resultados e Discussão.....	23
Conclusões.....	30
Referências	30
CAPÍTULO 3 – MÉTODO “POUR THRU” APLICADO A SUBSTRATOS USADOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CACAUEIROS.....	33
Resumo.....	33
Introdução.....	34
Material e Métodos.....	35
Resultados e Discussão.....	36
Conclusões.....	41
Referências.....	42
CAPÍTULO 4 – EFEITO DO COMPRIMENTO DA MINIESTACA NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE CACAUEIRO.....	44
Resumo.....	44
Introdução.....	45
Material e Métodos.....	46
Resultados e Discussão.....	48
Conclusão.....	52
Referências.....	52
CAPÍTULO 5 – SUBSTRATOS PARA ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CACAUEIRO.....	55

Resumo.....	55
Introdução.....	56
Material e Métodos.....	57
Resultados e Discussão.....	59
Conclusões.....	63
Referências.....	64
CAPÍTULO 6 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE SUBSTRATOS À BASE DE SERRAGEM E AREIA E RECIPIENTES PARA CRESCIMENTO DE MUDAS DE CACAUEIRO.....	66
Resumo.....	66
Introdução.....	67
Material e Métodos.....	69
Resultados e Discussão.....	71
Conclusões.....	78
Referências.....	78
CAPÍTULO 7 – IMPLICAÇÕES.....	81

SUBSTRATOS E ESTAQUIA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CACAUEIRO

RESUMO - O objetivo geral deste trabalho foi preparar substratos com base orgânica formada de composto do tegumento da amêndoa do cacau CTAC e serragens, misturados à areia, e utilizá-los na produção de mudas de cacau por miniestaquia. Dessa forma, realizaram-se cinco experimentos. Inicialmente foram determinados modelos para retenção de água usando os métodos do funil de tensão e força centrífuga em equivalente de umidade e conclusão de que a centrifugação expressa valores da retenção de água próximos ou iguais àqueles encontrados com o funil. Em outro experimento sobre monitoramento químico verificou-se que a serragem pode ser usada sem pré-lavagem enquanto o CTAC depende desta prática. Ao comparar o crescimento de miniestacas com 4 e 8 cm de comprimento, enraizadas em meio arenoso e transplantadas para sacos de polietileno de 3,4 dm³, verificou-se não haver diferenças significativas entre os comprimentos testados. Outro trabalho cujo objetivo foi verificar a influência de substratos no enraizamento dos clones CCN-51, Cepec-2006, TSA -792 e TSH-1188, usando miniestacas de 4 a 6 cm de comprimento, concluiu que a serragem para o clone TSA -792 e a mistura serragem + CTAC para Cepec-2006 foram superiores ao TSH -1188 para a massa da matéria seca da parte aérea. Finalmente, realizou-se trabalho de caracterização física e avaliação do efeito de substratos à base de serragem e dois recipientes no crescimento de mudas de cacau, no qual verificou-se que o transplante para sacos de 840 cm³ possibilitou maior crescimento das plantas comparado à manutenção em tubetes de 288 cm³ e que a serragem do município de Una-BA, misturada na proporção serragem: areia em 4:1 e 2:1 (v:v), pode ser recomendada para produção de mudas do clone TSH 1188.

Palavras-Chave: cultivo sem solo, cultivo de cacau, propagação vegetativa

SUBSTRATES AND CUTTING IN THE PRODUCTION OF COCOA TREE SAPLINGS

SUMMARY - The objective of this work was to prepare substrates with an organic base formed from composted cacao hulls (CTAC), and sawdust mixed with sand and to use these in the production of cacao saplings from mini-cuttings. Five experiments were conducted. In the first experiment, water retention curves were determined for the substrates using two methods, tension funnels and centrifugation by moisture equivalent method. It was found that centrifugation exhibits retention water values close to or equal to those determined by the funnel method. The following experiment on the chemical properties of substrates verified that sawdust could be used without pre-washing whereas CTAC required rinsing. The comparison of the growth of mini-cuttings of 4 and 8 cm lengths rooted in a sandy medium and transplanted into polyethylene bags of 3.4 dm³ showed no significant differences between the two lengths tested. Other experiment whose aim was to verify the influence of substrates on the rooting of clones CCN-51, Cepec 2006, TSA 792 and TSH 1188, concluded that sawdust for clone TSA 792, and a mixture of sawdust and CTAC for clone Cepec 2006, performed better than TSH 1188 in terms of aboveground dry biomass production. The last work on the physical characterization and the evaluation of the effect of substrates and containers on the growth of the cuttings showed that transplanting into bags of 840 cm³ enabled greater growth compared to tubettes of 288 cm³. Furthermore, the sawdust derived from the Una-BA district mixed in pure sand at a ratio 4:1 and 2:1 (v:v) could be recommended for the production of cuttings of the clone TSH 1188.

Keywords: soilless growth, cocoa growth, vegetative propagation

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Características gerais do cultivo de cacau

O cacau é uma planta originária da floresta tropical úmida americana, sendo o seu provável centro de origem as nascentes dos rios Amazonas (Brasil) e Orinoco (Venezuela). Registros do uso do cacau como bebida foram encontrados na América, onde é atribuído o seu uso a celebrações religiosas dos povos Maias no México e Incas na América Central. Daí o nome do gênero *Theobroma* que significa “comida de Deuses”.

O cultivo do cacau *Theobroma cacao* L representa importante papel na vida social e econômica de mais de cinco milhões de lares em todo o mundo, afetando a vida de 25 milhões de pessoas e ocupando cerca de sete milhões de hectares (SOMARRIBA, 2006).

Segundo PEREIRA & VANDERLEI (2006), a principal limitação para o crescimento da economia cacauera mundial é a dificuldade em realizar efetivo manejo de pragas que atualmente consomem a cada ano agrícola mais de 30% da produção. Na região cacauera da Bahia, essa situação agravou-se com o aparecimento da doença vassoura-de-bruxa (PEREIRA et al, 1989), causada pelo fungo *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer que, na década de 90, provocou decréscimo de mais de 60% na produção de amêndoas secas. Até o momento a principal ferramenta usada para o controle da doença é a resistência genética das plantas.

O uso de mudas clonais de genótipos resistentes ocorre em plantios comerciais na América Central desde a década de 50. No Brasil, entretanto, devido à boa produção das plantas híbridas e à facilidade de produção de sementes, o plantio clonal foi superado pelo seminal (DIAS, 1993).

Com o surgimento de novos clones resistentes à vassoura-de-bruxa, a multiplicação vegetativa vem crescendo no estado da Bahia com produção de cerca de 6,6 milhões de mudas entre os meses de julho de 1999 e julho de 2004 (MARROCOS &

SODRÉ, 2004). Contudo, uma das principais dificuldades para a implementação da multiplicação vegetativa em larga escala é a adequação do uso de substratos para produção comercial das mudas. Isso ocorre porque a legislação brasileira estabelece normas e padrões para certificação de mudas nas quais é necessário usar substratos com características físicas e químicas apropriadas e ausência de patógenos e de sementes de plantas invasoras.

Multiplicação vegetativa de cacaueteiro

A produção de mudas de cacaueteiro por estaquia foi descrita e testada no estado da Bahia pela primeira vez por FOWLER (1955), contudo, os estudos de ALVIM (1953) foram importantes para a compreensão dos mecanismos fisiológicos que envolvem o enraizamento de estacas. PYKE (1933) verificou que a estaca semilenhosa é a que mais enraizamento apresenta e que a presença de folhas nas estacas é necessária para o sucesso do enraizamento. CHEESMAN (1934) e EVANS (1953) destacaram que as condições do ambiente no viveiro podem afetar a capacidade de enraizamento e o crescimento das estacas.

A idade da planta matriz também influencia o enraizamento das estacas de cacaueteiro. Nesse contexto, CHEESMAN (1934) e EVANS (1953) observaram que as taxas de enraizamento aumentavam em plantas mais jovens. Esses autores também verificaram que a aplicação de reguladores vegetais incrementava significativamente o enraizamento.

Diversos trabalhos vêm sendo realizados para o uso da multiplicação vegetativa de cacaueteiro em larga escala no estado da Bahia. SACRAMENTO et al. (2001) e FARIA & SACRAMENTO (2003) estudaram o enraizamento das estacas de clones em câmaras de nebulização e tratamento com ácido indolbutírico (AIB) em concentrações de 0 a 8.000 mg kg⁻¹. Esses autores verificaram que os índices de enraizamento para alguns clones foram superiores a 87%, mesmo em estacas não tratadas, e também

observaram que o início da emissão das raízes ocorreu entre 20 e 30 dias após o estaqueamento.

SENA-GOMES et al. (2000) testaram tipos de estaca (lenhosa e semilenhosa) em clones resistentes à vassoura-de-bruxa e os resultados evidenciaram que o genótipo tem forte influência na taxa de sobrevivência das estacas. Esses autores também identificaram clones com taxas médias de enraizamento superiores a 70% enquanto outros foram inferiores a 30%. Nesse contexto, HARTMAN et al. (1997) sugeriram não ser viável economicamente a produção comercial em larga escala de mudas clonais multiplicadas vegetativamente se o enraizamento estiver abaixo de 50%.

ALVIM (2000), discutindo aspectos fundamentais para o sucesso da multiplicação vegetativa de cacaueteiro no estado da Bahia, recomendou estudos para determinar o grau de maturação e tamanho de estaca, substratos, reguladores vegetais e nutrição mineral de plantas matrizes.

Substratos para produção de mudas

Entende-se como substrato para plantas o meio em que se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas fora do solo *in situ* (KÄMPF, 2000a). A principal função do substrato é prover suporte às plantas nele cultivadas (FERMINO, 1996; KÄMPF, 2000a), podendo ainda regular a disponibilidade de nutrientes e água (KÄMPF, 2000a).

A turfa, proveniente de áreas inundadas nos Estados Unidos, Canadá e parte da Europa, foi nos últimos 50 anos o material mais usado para compor substratos comerciais (FONTENO, 1996). O fato de a turfeira ser importante reservatório natural de carbono fez com que o uso desse recurso fosse mundialmente questionado. De acordo com BOOMAN (2000), pressões ambientalistas foram responsáveis pela substituição parcial ou total da turfa por compostos orgânicos nos EUA.

A substituição da turfa por cascas de árvores, pedra-pome, fibra de coco, vermiculita, perlita e lã-de-rocha vêm crescendo no mercado mundial de substratos.

Com isso, os atributos específicos de cada substrato mineral ou orgânico cada vez mais interessam aos cientistas, técnicos e produtores que trabalham com substratos.

No Brasil, diferentes matérias-primas de origem mineral e orgânica são usadas puras ou em misturas para compor substratos para plantas. Como exemplo cita-se a casca de arroz (*in natura*, carbonizada ou queimada), vermiculita, espuma fenólica, areia, subprodutos da madeira como serragem e maravalha, fibra de madeira, compostos de lixo domiciliar urbano e de restos de poda, xaxim e vermicomposto.

O uso de resíduos da agroindústria, disponíveis regionalmente como componente para substratos, pode reduzir custos e minimizar a poluição decorrente do acúmulo desses materiais no ambiente (FERMINO, 1996). Esse autor, trabalhando com cascas de abacaxi, fibras, cascas e sementes de algodão, resíduos da indústria textil, aguapé, bagaço de cana, maravalha e serragem de *Pinus spp*, encontrou grandes diferenças nos atributos químicos e físicos dos materiais. MARTINEZ (2002) destacou que, na busca de um bom substrato é muito importante atentar para a obtenção de resultados técnicos e econômicos, mas com o mínimo de impacto ambiental.

No contexto do uso de resíduos regionais, na cacauicultura do estado da Bahia, encontram-se dois resíduos orgânicos com potencial para uso como substrato na produção de mudas de cacauzeiros. Um deles é gerado na indústria de moagem de amêndoas de cacau e denominado tegumento da amêndoa do cacau (TAC). Outro é a serragem de madeira encontrada em grandes quantidades em antigas serrarias, formando montes de coloração, variando de vermelho a marrom, e diferentes graus de decomposição.

Atributos físicos de substratos

As propriedades físicas de um substrato são decorrentes da forma, tamanho e superfície específica das partículas que compõem a fração sólida. A água é retida tanto na superfície como entre as partículas do substrato. Ressalta-se, no entanto, que a retenção entre as partículas dependerá fundamentalmente da geometria do espaço

poroso. Segundo HANDRECK & BLACK (1999), a dimensão dos poros é importante para estabelecer o quanto um substrato é capaz de regular o fornecimento de água e ar às plantas.

A determinação da curva de retenção de água de um substrato é importante na medida em que expressa o volume de água disponível às plantas dentro de cada faixa de tensão (FERMINO, 1996). Quanto às faixas de disponibilidade de água para substratos, DE BOODT & VERDONCK (1972) definiram-nas como: espaço de aeração (espaço relativo de poros que liberam água a tensões até 10 hPa), água facilmente disponível (volume de água retido entre tensões de 10 e 50 hPa), água tamponante (volume de água retido entre 50 e 100 hPa) e água remanescente a 100 hPa (volume de água retido a tensão de 100 hPa).

A definição de água facilmente disponível às plantas (AFD), segundo BURÉS (1997), é arbitrária, pois as plantas respondem a um conjunto de características físicas, químicas e biológicas do meio de crescimento e, portanto, não seria seguro classificar substratos somente em função das características de retenção de água.

Outro fator importante que afeta a disponibilidade de água para as plantas é a contração das raízes e do substrato com a secagem, o que tende a reduzir o contato substrato-raiz, dificultando a absorção de água (KÄMPF, 2000a). Baixas temperaturas e aeração deficiente também afetam a absorção de água pelas raízes (KRAMER & BOYER, 1995).

Atributos químicos de substratos

As características químicas dos substratos, segundo KÄMPF (2000a), referem-se principalmente ao valor de pH e à salinidade. Esse autor considerou que, sendo a nutrição das plantas manejada pelo viveirista, a investigação do teor de nutrientes nos substratos deve ser realizada apenas quando houver interesse de pesquisa.

A condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução e auxilia na estimativa da salinidade do substrato (WILSON, 1984). Quando

se trabalha com materiais alternativos, em misturas não-industrializadas, é especialmente importante conhecer o nível de salinidade do substrato a fim de evitar perdas na produção (KÄMPF, 2000a).

MARTINEZ (2002) considerou a CE (medida em dS m^{-1} a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) acima de $3,5\text{ dS m}^{-1}$ como excessiva para a maioria das espécies vegetais cultivadas em substratos, enquanto RAVIV et al. (1999) sugeriram que a variação da CE, juntamente com os valores da curva de retenção de água, são importantes para um efetivo manejo da irrigação.

A salinidade de substratos pode ser derivada da adubação ou do conteúdo natural de sais dos componentes usados puros ou em misturas (KÄMPF, 2000b). Corretivos de acidez também elevam o nível de salinidade (HANDRECK & BLACK, 1999). ABREU et al. (2002), avaliando a eficiência do método de extração no valor da CE em substratos sem e com fertilização, encontraram valores de $0,7$ e $8,8\text{ dS m}^{-1}$, respectivamente.

Plantas submetidas a estresse por falta de água ou salinidade excessiva no substrato são estimuladas a acumular e manter níveis elevados de solutos orgânicos no citoplasma à custa de energia desviada de funções de crescimento, mecanismo denominado de ajuste osmótico (TAIZ & ZEIGER, 2004). Esses autores argumentaram que o acúmulo de solutos é uma forma de reduzir o potencial osmótico interno das células, e assim, o potencial da água da planta como um todo, gerando um gradiente favorável à absorção de água.

Até pouco tempo, materiais com altos valores de CE, como a fibra de coco, tiveram os seus usos limitados devido aos elevados níveis de salinidade. No entanto, hoje o problema já se resolve com uso de fibra oriunda de regiões não costeiras e/ou com processo de lavagem antes do uso como substrato.

Aspecto importante sobre a análise química de substratos, diz respeito aos métodos usados para as determinações, em laboratório, dos teores de nutrientes disponíveis. BATAGLIA & ABREU (2001) advertem que os métodos de análises químicas não devem ser os mesmos praticados para análise de solos, de plantas ou de

adubos e corretivos. Esses autores também sugerem o uso da água como extrator de nutrientes nos substratos em volumes fixos de 1:1,5 a 1:2,0 (v:v).

Manejo de substratos em recipientes

Segundo FONTENO et al. (1981), os principais fatores que afetam a disponibilidade da água e do ar em recipientes cultivados com substratos são: o substrato (componentes e quantidades), o recipiente (altura e largura), as práticas de irrigação e os procedimentos de manuseio. A forma como o substrato é manuseado no recipiente antes do plantio (compactação, método de enchimento) pode resultar em aumento da densidade e em conseqüência importantes propriedades físicas serão modificadas (FONTENO, 1996).

No processo de produção de mudas, o tipo e as dimensões do recipiente influenciam diretamente na qualidade e, portanto, no custo final da muda. ARAUJO et al. (2006) verificaram que o número de folhas e o diâmetro do caule de mudas de mamoeiro diferenciaram significativamente e foram maiores quando usaram sacos de polietileno de 20 x 32 cm em comparação com bandejas de poliestireno. Nesse contexto, QUEIROZ & MELÉM JÚNIOR (2001), sem especificar a espécie vegetal, citaram que o tamanho do recipiente tem relação direta com a quantidade de substrato usada, o espaço ocupado no viveiro e no custo da mão-de-obra para o transporte de mudas.

A capacidade de recipiente refere-se ao volume de água retida por um substrato, em um recipiente com determinada altura, após saturação, deixando-se drenar na ausência de evapotranspiração (BURÉS, 1997). Esse volume é o limite máximo de água retida e varia para cada substrato e profundidade do recipiente (WHITE & MASTALERZ, 1966). Considerando um mesmo material, maiores densidades aumentam o nível de “empacotamento” e reduzem a porosidade total, com maior influência sobre o espaço de aeração e aumento da capacidade de recipiente (MILKS et al., 1989).

A umidade do substrato antes do enchimento dos recipientes também exerce influência na distribuição do tamanho dos poros. Quando água é adicionada a componentes orgânicos secos, eles hidratam-se, aumentam de tamanho e tendem a formar agregados. Isso se traduz em maior espaço de aeração pela menor acomodação das partículas pequenas entre as grandes, fenômeno conhecido como “aninhamento” (KÄMPF, 2000a).

Tegumento da amêndoa do cacau como substrato

O tegumento de amêndoa do cacau (TAC) é um subproduto da indústria de moagem de cacau e corresponde à testa da semente que é retirada no processo industrial para obtenção do líquido (matéria-prima do chocolate). Uma tonelada de amêndoa com 7% de umidade pode gerar de 80 a 120 kg de TAC após o processamento. Na região Sul do estado da Bahia, onde estão instaladas cinco indústrias de moagem, são gerados por ano aproximadamente 10.000 t de TAC.

Esse resíduo tem sido descartado pela indústria ou usado como material combustível (queima em caldeiras). Entretanto, existem possibilidades de uso do TAC na alimentação animal, produção de composto orgânico e substrato para plantas. Para uso como substrato é necessário realizar prévia compostagem, isso porque o TAC apresenta na sua composição aproximadamente 2,5% de gordura total e se usado sem compostagem ocorrerá fermentação e elevação da temperatura nos recipientes de crescimento das plantas.

Na preparação do composto, o TAC é inicialmente passado em peneira de 6 mm, em seguida é umedecido por camadas de 10 cm, dispondo-se em pilhas com 2 a 5 m de comprimento, 1,5 a 2 m de largura e 1,5 m de altura. A hidratação do TAC deve ser realizada lentamente devido ao elevado grau de repelência à água resultante da presença de gorduras.

No processo de compostagem são realizados revolvimentos das pilhas a cada dez dias nas primeiras 4 semanas e a cada quinze dias na fase final. Durante a

compostagem é necessário realizar monitoramento semanal da temperatura e a umidade deverá ser mantida em torno de 60%, amostrando-se as pilhas quinzenalmente. A estabilização final do composto ocorre depois de decorridas 16 a 18 semanas.

Trabalhos sobre produção e análise microbiológica de composto de TAC foram realizados por SODRÉ et al. (2002). Esses autores verificaram intensa atividade microbiana e elevação dos níveis de CO₂ e da temperatura durante a compostagem do TAC e também denominaram o produto final da compostagem de composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC).

Em estudo sobre as características químicas de substratos usados na produção de mudas de cacauzeiros, SODRÉ et al. (2005) verificaram que o CTAC liberou grandes quantidades de potássio em solução aquosa e que o teor de potássio correlacionou-se positivamente com o aumento da condutividade elétrica (CE) da solução lixiviada.

Serragem como substrato

A serragem de madeira é constituída basicamente de subprodutos de serrarias. A qualidade desse resíduo para uso como substrato depende basicamente da espécie madeireira processada, da aplicação de aditivos e conservantes na madeira e do tempo de armazenamento.

Serragens armazenadas ao ar livre por longos períodos podem ser usadas como substratos para plantas sem necessidade de compostagem. Entretanto, em madeira recém processada, BURÉS (1997) recomenda a prévia compostagem. Esse autor acrescentou que a compostagem pode ajudar a eliminar compostos de fitotoxicidade reconhecida, como é o caso do tanino e resinas. Em geral, quanto mais fina for a serragem, mais rápida será a compostagem (BOOMAN, 2000).

A serragem pura, se usada como substrato, pode apresentar problemas de excesso de umidade e falta de aeração, sendo recomendado que se faça mistura com materiais mais grosseiros antes do cultivo das plantas (MARTINEZ, 2002). Nesse

contexto, BURÉS (1997) enfatizou que o uso da serragem pura e de granulometria fina como substrato poderá reduzir o nível de oxigênio disponível às plantas e desenvolver processos anaeróbios de fermentação que geram ácidos orgânicos.

Em estudo de caracterização física de substratos, FERMINO (1996) verificou que a porosidade total da serragem foi de 92,1% e classificou-a como material extremamente poroso. Esse autor também verificou que as densidades úmida e seca eram respectivamente 343 e 154 g L⁻¹.

Baixos índices de enraizamento e morte de mudas de eucalipto e *Pinus* crescidas em substrato com serragens foram relatados por GOMES & SILVA (2004), que atribuíram esses resultados a não compostagem prévia e à alta relação carbono/nitrogênio (C/N) da serragem usada.

As características químicas da serragem variam segundo a espécie madeireira, mas em geral o conteúdo de nutrientes é baixo e o pH varia entre 4,0 para serragem de madeira recém processada até 6,0 para as mais envelhecidas (BURÉS, 1997). Quanto à presença de sais solúveis e condutividade elétrica (CE), a serragem foi considerada por GUERRINI & TRIGUEIRO (2004) como substrato de baixa salinidade.

A menos que tenha sido adicionado fertilizante ou contaminantes salinos à serragem, dificilmente o valor da CE do meio será alterado. SODRÉ et al. (2005), trabalhando com serragem e determinando a CE em soluções lixiviadas em volumes de 100 mL, verificaram que os valores de CE estiveram sempre abaixo de 0,6 dS m⁻¹. Esse resultado é próximo ao encontrado em outra serragem por FERMINO (1996), que foi de 0,7 dS m⁻¹ com extração em água na relação 1:2,5 (v:v).

Areia como substrato

A principal vantagem do uso da areia como substrato é o baixo custo, boa estabilidade estrutural, inatividade química e facilidade de limpeza e tratamento para desinfecção. Por outro lado, o peso representa a principal limitação para o transporte de substratos que contenham areia, especialmente quando úmidos. A elevada densidade

também aumenta o custo do transporte por estradas ou animais de serviço por longas distâncias. Outro inconveniente é a baixa retenção de água. BUNT (1983) relatou que o uso da areia reduz a porosidade total e o espaço de aeração dos substratos.

MARTINEZ (2002) recomenda que, para o uso da areia como substrato, essa deverá apresentar granulometria compreendida entre 0,5 e 2,0 mm. Na indústria de substratos sempre que se realizam misturas com areia deve-se especificar a granulometria usada, pois materiais com diferentes tamanhos interferem de forma diferenciada na capacidade de retenção de água das misturas.

As propriedades físicas da areia dependem basicamente da sua granulometria. Como o tamanho das partículas não é sempre o mesmo, o uso de areia pode resultar em empacotamento do substrato no recipiente de cultivo. Isto ocorre segundo BURÉS (1997) porque as partículas mais finas enchem os espaços vazios entre as partículas grossas, compactando o material e reduzindo a aeração.

A densidade das areias varia entre 1.350 e 1.800 kg m⁻³ e a porosidade, que é quase exclusivamente entre partículas, é inferior a 50%. As areias grossas também não são mais porosas do que as finas, uma vez que a porosidade depende do estado de empacotamento das partículas que resulta do tamanho dessas e de como se encontram distribuídas no meio (BURÉS, 1997).

Quando se mistura areia grossa em maiores proporções aos substratos, não se melhora a aeração daqueles que apresentam alta capacidade de retenção de água (FERMINO, 2002; MARTINEZ, 2002). Por outro lado, se a areia é fina, a retenção de água aumentará como consequência da redução dos poros entre partículas.

Quimicamente as areias são consideradas praticamente inertes e a capacidade de troca de cátions (CTC) é geralmente muito baixa. Areias que não contêm carbonato de cálcio geralmente apresentam CTC inferior a 2 cmol_c dm⁻³ (BURÉS, 1997).

A presença de silte, argila e matéria orgânica envolvendo grãos de areia exerce influência sobre a retenção de água. Para uso como substrato é recomendável que a areia seja isenta ou contenha pequena porcentagem de argila. A presença de carbonatos pode também interferir nas propriedades químicas fazendo com que o pH seja elevado.

É também recomendável que toda areia usada como substrato seja previamente lavada para retirada de minerais, pois se liberados de modo descontrolado, podem alterar o crescimento e a produção das plantas cultivadas.

Referências

ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; BATAGLIA, O. C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M.F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.17-28. (Documento IAC, 70).

ALVIM, P.T. Nuevos propagadores para el enraizamiento de estacas de cacao. *Cacao*, Turrialba, v. 2, n. 47/48, p. 1-2, 1953.

ALVIM, P.T. Fatores fisiológicos associados com a propagação bem sucedida de cacau por enraizamento de estacas. In: PEREIRA, J.L.; SERÓDIO, M.H.; BEZERRA, J.L. (Ed). *Atualização sobre produção massal de propágulos de cacau geneticamente melhorados*. Ilhéus: Atas, 2000. p. 90-91.

ARAUJO, J.R.G.; ARAÚJO JÚNIOR, M.M.; MENEZES, R.H.N.; MARTINS, M.R.; LEMOS, R.N.S.; CERQUEIRA, M.C.M. Efeito do recipiente e ambiente de cultivo sobre o desenvolvimento de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 28, n.3, p.526-529, 2006.

BATAGLIA, O. C; ABREU, C. A. *Análise química de substratos para crescimento de plantas: Um novo desafio para cientistas do solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. (Boletim Informativo), v. 26, p.8-9, 2001.

BOOMAN, J. Evolution of California substrates used in ornamental horticulture. In: Kämpf, A.N.; Fermino, M.H. (Ed.). *Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 23-42.

BUNT, A. C. Physical properties of mixtures of peats and mineral of different particle size and bulk density for potting substrates. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 150, p.143-153, 1983.

BURÉS, S. *Sustratos*. Madri: Agrotécnicas, 1997. 342p.

CHEESMAN, E. E. The vegetative propagation of cacao. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, v. 2, n. 5, p.40-50, 1934.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 26, p.37-44, 1972.

DIAS, L.A.S. Propagação vegetativa vs reprodução seminal em cacau. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 45. , 1993 Recife. Anais... Recife: SBPC, 1993. v.1.

EVANS, H. Investigations on the propagation of cacao. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v. 28, p.147-203, 1953.

FARIA, J. C., SACRAMENTO, C. K., Enraizamento e crescimento de estacas herbáceas do cacauzeiro (clones Cepec 42, TSH 516 e TSH 1188) em função da aplicação do ácido indolbutírico (AIB). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 25, n.1, p.192-194, 2003.

FERMINO, M.H. *Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas*. 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa

de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FERMINO, M.H. Uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes de substratos. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M.F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.29-37. (Documento IAC, 70).

FONTENO, W.C.; CASSEL, D.K; LARSON, R.A. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.106, n. 6, p. 736-741, 1981.

FONTENO. W.C. Growing media: types and physical/chemical properties. In: REED, D.W. (Ed.). *A growers guide to water, media, and nutrition for greenhouse crops*. Batavia: Ball, 1996. p.93-122.

FOWLER, R. L. *Propagação de cacau por meio de estacas*. Escritório Técnico de Agricultura – ETA, [S.I.]: 1955. (Avulso IL., n. 3). Folder.

GOMES, J.M.; SILVA,A.R. Os substratos e sua influência na qualidade das mudas. In: BARBOSA, J.G.; PRIETO MARTINEZ, H, E.; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed.). *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 190-225.

GUERRINI,I.A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostados por bio sólidos e casca de arroz carbonizada Revista. *Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004.

HANDRECK, K.; BLACK, N. *Growing media for ornamental plants and turf*. Sydney: University of New South Wales Press, 1999. 448 p.

HARTMANN, H. T.; KERSTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. L. *Plant propagation: principles and practices*. 6th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. p. 276-501.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. (Coord.) *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agropecuária, 2000a. 254p.

KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.). *Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre: Genesis, 2000b. p 209-215.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. *Water relations of plants and soils*. San Diego: Academic Press, 1995.

MARROCOS, P.C.L.; SODRÉ, G.A. Sistema de Produção de mudas de cacauzeiros. In: BARBOSA, J.G.; PRIETO MARTINEZ, H, E; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed.). *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 283-311.

MARTINEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M.F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.53-76. (Documento IAC, 70).

MILKS, R.R.; FONTENO, W.C.; LARSON, R.A. Hydrology of horticultural substrates: II. Predicting physical properties of media in containers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 114, n.1, p. 53-56, 1989.

PEREIRA, J.L.; RAM, A.; FIGUEIREDO, J.M.; ALMEIDA, L.C. Primeira ocorrência de vassoura-de-bruxa na principal região produtora de cacau da Brasil. *Agrotrópica*, Ilhéus, v.1, n.1, p.79-81, 1989.

PEREIRA, J.L.; VANDERLEI, U.L. Estratégia de manejo de doenças de cacau: O início de uma nova era? In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU, 15., 2006, San José. *Livro de resumos...* San José: CATIE, 2006. p. 57.

PYKE, E. E. The vegetative propagation of cacao. II. Softwood cuttings. *Annual Report on Cacao Research*, Trinidad, v.2, p.3-9, 1933.

QUEIROZ, J. A. L.; MELÉM JÚNIOR, N.J. Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas de açai (*Euterpe oleracea* Mart.) *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 23, n.2, p.460-462, 2001.

RAVIV, M.; WALLACH, R.; SILBER, A.; MEDINA, S.H.; KRASNOVSKY, A. The effect of hydraulic characteristics of volcanic materials on yield of roses grown in soil less culture. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 124, n.2, p.205-209, 1999.

SACRAMENTO, C. K.; FARIA, J. C.; PALACIOS, J. B. Enraizamento e crescimento de estacas herbáceas de cacaueiro (clone TSH 516 e CEPEC 42) em função do tamanho do tubete. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. *Anais...* Ilhéus: 2001. Trabalho n. 2-115. 1 CD - ROM.

SENA-GOMES, A. R.; CASTRO, G. C.; MORENO-RUIZ, M. M.; ALMEIDA, H. A. Avanços na propagação clonal do cacaueiro no Sudeste da Bahia. In: PEREIRA, J.L.; SERÓDIO, M.H.; BEZERRA, J.L. (Ed.). *Atualização sobre produção massal de propágulos de cacau geneticamente melhorados*. Ilhéus: 2000. *Atas*, p. 85-89.

SODRÉ, G.A.; ARGOLO, R.C.; ARAÚJO, Q.R.; MARROCOS, P.C.L Caracterização física e química de materiais para composição de substratos na produção de mudas no instituto biofábrica de cacau. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M.F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p.92. (Documento IAC, 70).

SODRÉ, G. A.; CORÁ, J.E.; BRANDÃO, I.C.S.F.L.; SERÔDIO, M.H.C.F. Características químicas de substratos utilizados na produção de mudas de cacaueiros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.27, n.3, p.514-516, 2005.

SOMARRIBA, E. Agrosilvicultura com cacau. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU, 15., 2006, San José. *Livro de resumos...* San José: CATIE, 2006, p. 35.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

WHITE, J.W.; MASTALERZ, J.W. Soil moisture as related to "Container Capacity". *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, Beltsville, v.89, n.1, p.758-765, 1966.

WILSON, G.C.S. Analytical analyses and physical properties of horticultural substrates. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 150, p. 19-32, 1984.

CAPÍTULO 2 - CENTRIFUGAÇÃO: UM MÉTODO RÁPIDO PARA ESTIMAR A ÁGUA RETIDA EM SUBSTRATOS

RESUMO - O trabalho teve como objetivo comparar as curvas de retenção de água determinadas com uso do funil de tensão e centrifugação. A matéria-prima dos substratos teve como base orgânica o composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC) e serragens coletadas nos municípios de Una (SU) e Camacan (SC) no estado da Bahia, que foram misturados à areia nas proporções material orgânico: areia 1:0, 8:1, 4:1 e 2:1 (v:v). Amostras dos substratos foram usadas para enchimento de anéis de PVC de 100 cm³ para o método do funil e caixas de aço de 40 cm³ para centrifugação. Os anéis e caixas foram inicialmente saturados por 24 horas e após, retirados e pesados para determinar a porosidade total. Os anéis foram submetidos às tensões de 10, 50 e 100 hPa, o tempo necessário até atingir o ponto de equilíbrio, e as caixas foram centrifugadas às rotações de 250, 500 e 750 rpm durante quinze minutos. Após cada período de tensão e centrifugação os anéis e as caixas foram pesados e secos a 105 °C. As misturas formaram 12 tratamentos que foram testados através de análise de variância para porosidade total, espaço de aeração, água facilmente disponível, água tamponante e água disponível. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Realizou-se análise de regressão para umidade volumétrica em função das tensões e rotações e foram testados modelos de regressão para estimar a umidade volumétrica em funil a partir da centrifugação. A centrifugação na rotação 250 rpm retirou volume de água superior a tensão 10 hPa, enquanto o método do funil retirou mais água nas tensões 50 e 100 hPa, em comparação com as rotações 500 e 750 rpm para todos os tratamentos. O uso da centrifugação possibilitou obter valores estimados da capacidade de retenção de água próximos ou iguais àqueles encontrados com o uso do funil de tensão.

Palavras-Chave: cultivo sem solo, força centrífuga, modelos, retenção de água

Introdução

A capacidade de retenção de água em substratos e sua disponibilidade às plantas em geral não ocorrem de maneira semelhante nos solos minerais. VAN LIER (2000) enfatiza que disponibilidade de água para as plantas é função de processos dinâmicos de infiltração, redistribuição, drenagem e absorção pelas raízes.

Nos últimos anos, o estudo da disponibilidade de água em substratos vem aumentando de importância para os cultivos. Isso ocorre, sobretudo, porque além de afetar o balanço nutricional das plantas, relaciona-se com problemas ambientais decorrentes das perdas de nutrientes para o meio. Nesse contexto, KÄMPF (2001), discutindo metodologias de análises físicas em substratos, destacou a necessidade de métodos rápidos para avaliar a retenção de água e considerou o tema como importante desafio de pesquisa.

A retenção de água em substratos foi estudada por DE BOODT & VERDONCK (1972), que sugeriram as tensões 0, 10, 50 e 100 hPa para determinar a porosidade, o espaço de aeração e a água disponível para plantas cultivadas. Essas tensões são rotineiramente usadas para obtenção da curva de retenção de água em estudos de caracterização física de substratos (FERMINO, 1996; BURÉS, 1997; FERMINO, 2003; FERNANDES, 2004).

As faixas de disponibilidade de água para substrato são definidas segundo DE BOODT & VERDONCK (1972) como: espaço de aeração (espaço relativo de poros que liberam água a tensões até 10 hPa), água facilmente disponível (volume de água retido entre tensões de 10 e 50 hPa), água tamponante (volume de água retido entre 50 e 100 hPa) e água remanescente a 100 hPa (volume de água retido a tensão de 100 hPa).

A curva de retenção de água (CRA) em substratos foi descrita por MILKS et al. (1989) como resultado entre a umidade volumétrica e a tensão de umidade do meio. BURÉS (1997) acrescenta que a retenção de água é geralmente determinada com funis de sucção e os resultados podem ser expressos tanto na forma de liberação como de retenção de água pelo substrato.

O equivalente de umidade (EU) é uma técnica descrita pela EMBRAPA (1979), que consiste em saturar uma amostra para em seguida submetê-la a uma força centrífuga, durante determinado tempo. Essa técnica foi usada por SODRÉ (1999) para avaliar a capacidade de retenção de água de diferentes componentes da serrapilheira de floresta natural e plantios de eucalipto na região sudeste do estado da Bahia.

A centrifugação foi usada por CASSEL & NIELSEN (1986) para avaliar a disponibilidade de água em solos. Esses autores verificaram que a água retida e determinada pelo uso da força centrífuga aproximava-se da capacidade de campo em solos com presença de argila de alta atividade. Adicionalmente, RUIZ et al. (2003), trabalhando com dados secundários obtidos de teses de mestrado e doutorado desenvolvidas na Universidade Federal de Viçosa, verificaram que é possível estimar a capacidade de campo em Latossolos e Neossolos por meio de equação ajustada pelos valores da umidade volumétrica encontrada após o uso da força centrífuga.

Em estudo sobre caracterização física de substratos, SODRÉ et al. (2002) verificaram que amostras de substratos à base de casca de *Pinus* e composto de casca de cacau, depois de centrifugados a 1500 rpm, ainda retinham água e que esta poderia ser correlacionada com a água disponível para as plantas. Esses autores consideraram que a centrifugação sendo simples e econômica poderia funcionar como método rápido para auxiliar a caracterização física de substratos.

PÁDUA et al. (2003), usando valores de tensão de 33 kPa para capacidade de campo e centrifugação a 1500 rpm, verificaram que a centrifugação foi mais adequada para discriminar a retenção de água entre misturas de substratos contendo areia, esterco e *Salvinia auriculata*.

FERMINO (2003), trabalhando com funil e mesa de tensão, comparou a curva de retenção de água para umidade volumétrica em função das tensões 0, 10, 50 e 100 hPa em substratos à base de turfa. Esse autor concluiu que, para a mesma densidade e teor de umidade inicial, os resultados diferem entre substratos e equipamentos, e também classificou o método do funil como demorado e que dependendo do número de tensões que se trabalha, poderia levar até 15 dias para completar a curva de retenção de água.

Esse trabalho apresenta a hipótese de que, se com uso do funil de tensão o conteúdo volumétrico de água é considerado como o volume de água retido contra a força da gravidade, então, esse volume poderá ser determinado tanto com o uso da força gravitacional, quanto por outra, a exemplo da força centrífuga.

O trabalho teve como objetivo comparar as curvas de retenção de água determinadas com o uso do funil de tensão e centrifugação.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no laboratório da Seção de Solos e Nutrição Mineral de Plantas - Senup, da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - Ceplac, em Ilhéus - BA.

Inicialmente foram preparados substratos combinando matéria orgânica e areia. Os materiais orgânicos usados foram: o resíduo da indústria de moagem de amêndoas de cacau denominado tegumento da amêndoa do cacau (TAC) e serragens encontradas em serrarias desativadas nos municípios de Una e Camacan no estado da Bahia, que receberam as denominações de SU e SC. As serragens sofreram processo de compostagem natural durante pelo menos 5 anos e encontravam-se em forma de grandes montes ao ar livre.

O TAC, por se tratar de resíduo industrial recém processado, com baixo teor de umidade, rico em nutrientes e gorduras, necessitou ser previamente compostado.

Para preparar o composto, o TAC foi inicialmente passado em peneira de 6 mm, umedecido a cada camada de 10 cm e disposto em pilhas de 3 m de comprimento, 1,5 m de largura e 1,5 m de altura. A hidratação do TAC foi realizada lentamente devido ao elevado grau de repelência à água, resultante da presença de gordura. O TAC foi compostado durante 120 dias e depois de estabilizado adquiriu coloração escura e recebeu a denominação de composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC).

A areia foi coletada em fundo de rio e na análise física apresentou 86% de areia grossa, 10% de areia fina e 4% de argila.

Para retirar a fração mais grosseira, tanto as serragens quanto a areia foram inicialmente peneiradas em malha de 6 mm. Em seguida foram lavadas com água destilada por 72 horas e posteriormente secas à sombra.

O CTAC e as serragens (SU e SC) foram misturados com areia nas proporções volumétricas de material orgânico: areia 1:0, 8:1, 4:1 e 2:1. Essas misturas formaram 12 tratamentos (substratos) identificados pelas iniciais da origem do material orgânico, seguido da proporção de areia. Como exemplo cita-se o substrato SU - 8:1, formado por 8 partes de serragem originada do município Una e uma parte de areia.

Para determinação da retenção de água em funil foram usados funis de tensão de 15 cm de diâmetro com base de placa porosa. Sobre a placa foram colocados anéis de 100 cm³ preenchidos com os substratos. Os anéis tiveram o fundo vedado com tecido preso por fita de borracha. Para centrifugação usou-se equipamento de equivalente de umidade (EU) e como recipientes caixas de aço de 40 cm³ com fundo de tela de 0,5 mm.

A quantidade de substrato para ambos os métodos foi calculada através da densidade úmida, determinada pelo método da autocompactação (FERMINO 1996). Os anéis e caixas foram inicialmente colocados para saturar em bandejas plásticas por 24 horas e depois desse período foram retirados da água e pesados para cálculo da porosidade total.

Os anéis foram transferidos para os funis e submetidos às tensões de 10, 50 e 100 hPa até atingir o ponto de equilíbrio que em geral ocorreu antes de 24 horas. Após atingido o equilíbrio, os substratos foram retirados dos anéis, pesados e levados à estufa a 105 °C para determinação dos teores de umidade e massa seca.

As caixas foram conduzidas para a centrífuga e submetidas às rotações de 250, 500 e 750 rpm durante quinze minutos. Após cada centrifugação as caixas foram retiradas, pesadas e levadas à estufa a 105 °C para determinação dos teores de umidade e massa seca.

Devido à impossibilidade de manter o aparelho de centrifugação com rotações que correspondessem com exatidão aos mesmos valores de tensão aplicados no funil (10, 50 e 100 hPa), optou-se por valores mais próximos e eqüidistantes (250, 500 e 750

rpm) que se transformados em força centrífuga e convertidos para tensão em hPa equivalem respectivamente a 18, 75 e 117 hPa.

As variáveis porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água disponível (AD) foram submetidas à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

Curvas de retenção de água foram obtidas com os valores da umidade volumétrica em função das tensões e rotações usando o valor médio de três amostras. Foram também testados modelos de regressão para a umidade estimada com uso do funil a partir da centrifugação. Dentre os modelos testados foi adotado aquele que apresentou o maior coeficiente de regressão.

Resultados e Discussão

Os valores da disponibilidade de água foram inicialmente comparados àqueles considerados como referência por DE BOODT & VERDONCK (1972). Esses autores estabeleceram um sistema de classificação que agrupa os substratos em classes, considerando o espaço de aeração (EA) e a água facilmente disponível (AFD). De acordo com esse sistema, os substratos SU-8:1, 4:1 e 2:1, SC-1:0, 4:1 e 2:1 seriam classificados como classe I ($EA > 0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $AFD > 0,3 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e SU-1:0 e SC-8:1 como classe II ($EA > 0,1 - 0,2 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $AFD > 0,2 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) (Tabela 1). O CTAC não se adequou em nenhuma das classes.

Esse resultado mostra que, em princípio, o CTAC seria inadequado para o uso como substrato. Contudo, de acordo com BURÉS (1997), não é aconselhável classificar substratos somente em função das características de retenção de água. Esse autor recomenda que atributos químicos e físicos devem ser analisados em conjunto na escolha de um bom substrato e também que se deve considerar as exigências da planta.

A adição de areia reduziu significativamente a porosidade total nos substratos com serragem na proporção serragem:areia 2:1 (Tabela 1). A redução da porosidade pela adição de areia ocorre, segundo BURÉS (1997), porque a porosidade de substratos depende mais do estado de empacotamento das partículas, especialmente as mais finas, e também do tamanho e de como se encontram distribuídas, do que da granulometria individual de cada componente do substrato.

Considerando o limite inferior e superior da adição de areia ao CTAC e serragens (proporções 1:0 e 2:1), os valores para água disponível (AD) e facilmente disponível (AFD) foram significativamente superiores na proporção 2:1 dentro de cada substrato (Tabela 1). Esse resultado pode, em parte, ser atribuído ao aumento da proporção de areia que reduziu a capacidade de retenção de água na proporção 2:1. Redução da AFD como consequência da adição de areia a substratos produzidos com diferentes combinações de bagaço de cana-de-açúcar e casca de amendoim também foi verificada por FERNANDES (2005).

A simples mistura de componentes minerais e orgânicos, entretanto, não garante a redução da AFD em substratos, pois esta última depende das características individuais de cada componente, podendo até apresentar resultados contrários, a exemplo de substratos à base de vermiculita (mineral) e turfa (orgânica), que tiveram a água facilmente disponível aumentada com a adição de turfa (MILKS et al., 1989).

Tabela 1. Porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água disponível (AD) em substratos à base de composto, serragem e areia nas proporções material orgânico: areia. 1:0, 8:1, 4:1 e 2:1 (v:v).

Substratos	Proporção substrato:areia	PT	EA	AFD	AT	AD
		-----m ³ m ⁻³ -----				
SU	1:0	0,830 b	0,110 ab	0,280 d	0,043 ab	0,323 e
	8:1	0,830 b	0,070 c	0,373 bc	0,053 ab	0,426 bcd
	4:1	0,726 def	0,060 c	0,330 cd	0,040 ab	0,370 d
	2:1	0,740 cde	0,073 bc	0,373 bc	0,033 b	0,406 cd
SC	1:0	0,933 a	0,066 c	0,406 b	0,036 ab	0,442 bc
	8:1	0,846 b	0,120 a	0,393 b	0,043 ab	0,436 bc
	4:1	0,833 b	0,093 abc	0,380 bc	0,086 a	0,466 b
	2:1	0,770 c	0,093 abc	0,500 a	0,050 ab	0,550 a
CTAC	1:0	0,693 fg	0,123 a	0,100 f	0,010 b	0,110 g
	8:1	0,706 efg	0,076 bc	0,116 ef	0,020 b	0,136 g
	4:1	0,750 cd	0,070 c	0,170 e	0,023 b	0,193 f
	2:1	0,686 g	0,066 c	0,286 d	0,016 b	0,302 e
Teste F		106,300**	9,100**	103,800**	4,300**	178,500**
DMS		0,037	0,037	0,061	0,050	0,052
CV %		1,600	14,800	6,800	44,600	5,100

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

CTAC: Composto do tegumento da amêndoa do cacau.

SU e SC: Serragem originária dos municípios Una e Camacan-BA.

** Significativo a 1% de probabilidade.

Foram testados diferentes modelos de regressão para a umidade volumétrica dos substratos em função das tensões e força centrífuga aplicada. O ajuste polinomial foi escolhido porque apresentou maiores coeficientes de determinação para todos os tratamentos.

Verificou-se nas curvas obtidas em funil de tensão que os coeficientes de regressão foram significativos a 1% de probabilidade. Por outro lado, nas curvas obtidas por centrifugação, verificou-se que cinco modelos apresentaram níveis de significância a 5% (Figura 1). Esse resultado indica que o modelo obtido com valores determinados em funil explicaria melhor a variação da variável dependente umidade volumétrica para cinco dos doze substratos desse estudo.

Comparando-se as curvas na tensão 10 hPa em funil e centrifugação a 250 rpm, verifica-se que a força centrífuga retirou maior quantidade de água em todos os substratos (Figura 1). Esse resultado, em princípio, pode ser atribuído ao valor em hPa correspondente a 250 rpm que é 18 hPa e, portanto, superior a 10 hPa. Entretanto, para as tensões 50 e 100 hPa, comparadas com as rotação 500 e 750 rpm, à exceção do SU-1:0 e CTAC-4:1, o comportamento foi inverso, ou seja, menor quantidade de água foi retirada nas amostras centrifugadas.

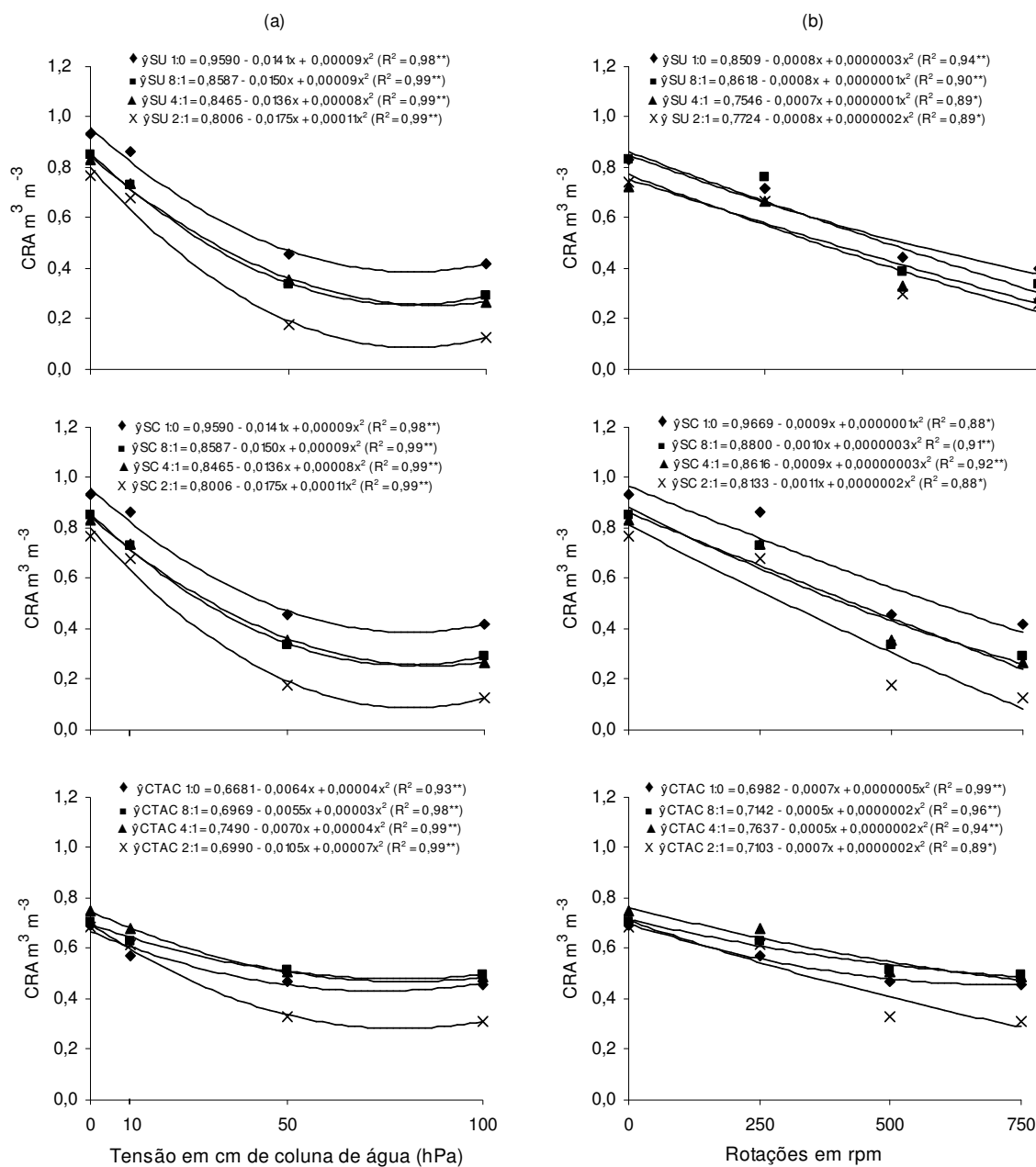


Figura 1. Curvas de retenção de água para umidade volumétrica de substratos submetidos às tensões 0, 10, 50 e 100 (hPa) (a) e centrifugados nas rotações 250, 500 e 750 rpm (b). Local de origem das serragens: Municípios Una (SU) e Camacan (SC). CTAC: composto do tegumento da amêndoa do cacau. Proporções de material orgânico: areia. 1:0, 8:1, 4:1 e 2:1 (v/v). *, ** significativos a 5,0 e 1,0 % de probabilidade.

Com o aumento das tensões e rotações, maiores volumes de água foram retirados para SU e SC (Figura 1). Contudo, o CTAC não seguiu essa tendência, especialmente quando havia menor quantidade de areia. Esse comportamento pode ser atribuído à presença de 2,5% de gordura total na análise do tegumento antes da compostagem. Assim, é provável que a presença de compostos hidrofóbicos derivados de radicais apolares da gordura tenha contribuído para aumentar a repulsão à água no CTAC.

Na Figura 2 são apresentados os modelos que descrevem o comportamento da umidade volumétrica dos substratos quando submetidos à determinada tensão em hPa ou à centrifugação em rpm. Os modelos de regressão polinomial foram aqueles que apresentaram os maiores coeficientes de regressão significativos a 1 e 5% de probabilidade.

Foram observados valores dos coeficientes de regressão com menor nível de significância (5%) nos substratos formados com maior proporção de areia (Figura 2). Esse resultado, em princípio, estaria indicando que a adição de areia reduziu a capacidade de um método estimar o outro. Contudo, os valores encontrados ainda apresentam alto nível de significância, indicando que após determinar a umidade volumétrica nos substratos submetidos às centrifugações 250, 500 e 750 rpm será possível estimar aproximadamente a umidade volumétrica nas tensões 10, 50 e 100 hPa.

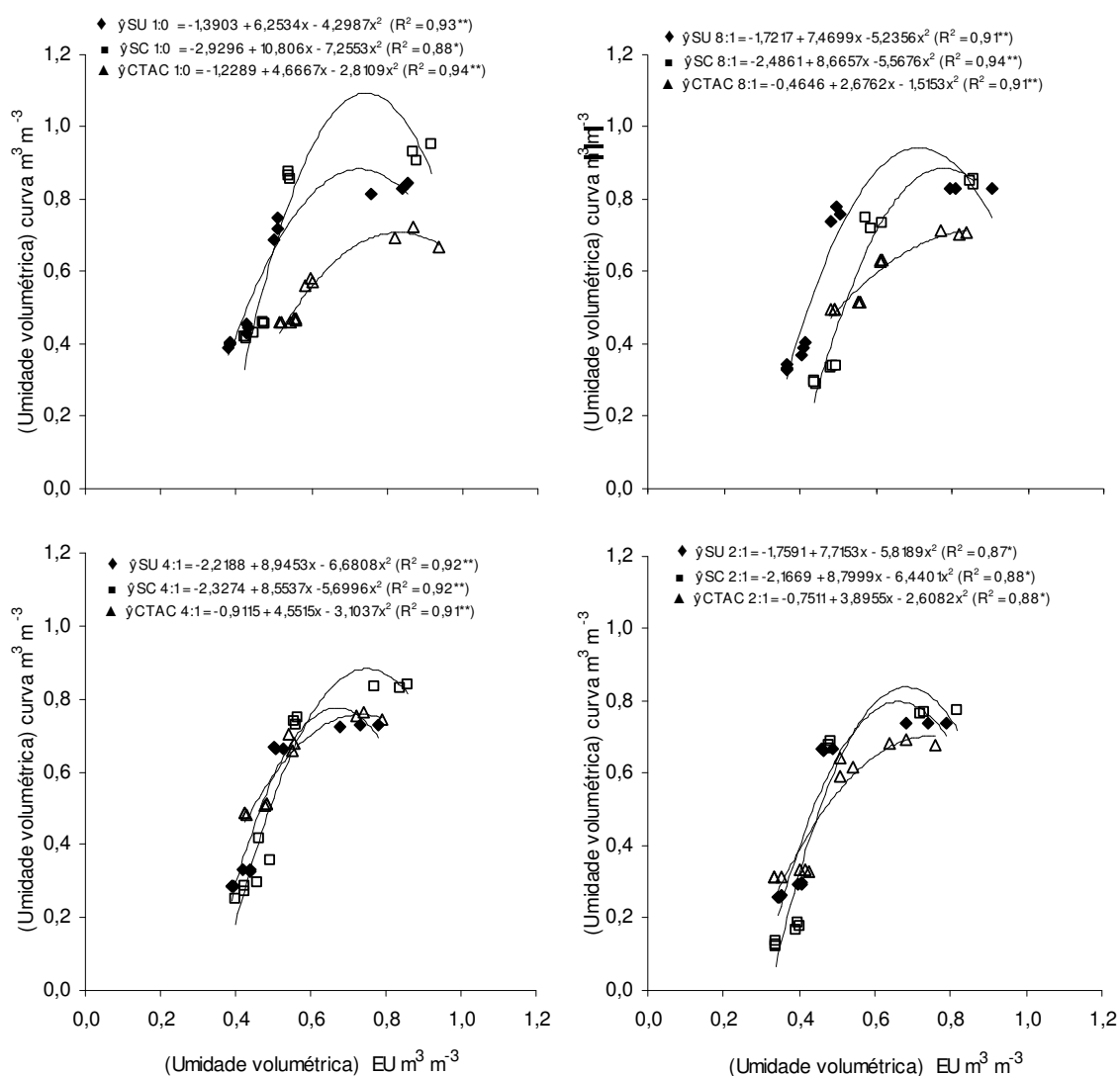


Figura 2. Relação entre a umidade volumétrica de substratos submetidos às tensões 0, 10, 50 e 100 hPa em funil e centrifugados em equipamento de equivalente de umidade (EU) em 0, 250, 500 e 750 rpm. Local de origem das serragens: Município Una (SU) e Camacan (SC). CTAC: composto do tegumento da amêndoa do cacau. Proporções de material orgânico: areia: 1:0, 8:1, 4:1 e 2:1 (v/v). *, ** significativos a 5,0 e 1,0 % de probabilidade.

Conclusões

A centrifugação possibilita obter valores estimados da capacidade de retenção de água em substratos à base de tegumento da amêndoa do cacau e serragens, misturados à areia, próximos ou iguais àqueles encontrados com uso do funil de tensão.

Referências

BURÉS, S. *Sustratos*. Madri: Agrotécnicas, 1997. 342 p.

CASSEL, D.K.; NIELSEN, D.R. Field capacity and available water capacity. In: KLUTTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis: part 1. Physical and mineralogical methods*. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 901 – 926,

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979. 271p.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 26, p. 37 - 44, 1972.

FERMINO, M.H. *Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas*. 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FERMINO, M.H. *Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas*. 2003. 89 f. Tese (Doutorado em Horticultura) – Programa de Pós-Graduação

em Agronomia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERNANDES, C.; CORÁ, J.E. Bulk density and relationship air/water of horticultural substrate. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 61, n.4, p.446-450, 2004

FERNANDES, C. *Produtividade e qualidade dos frutos do tomateiro do grupo cereja cultivado em substratos à base de areia*. 2005. 85f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

FERREIRA, D.F. *Manual do sistema SISVAR para análises estatísticas*. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000. 66 p.

KÄMPF, A.N. Análise física de substratos para plantas. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, n. 1, p 5 - 7, 2001.

MILKS, R.R.; FONTENO, W.C.; LARSON, R.A. Hydrology of horticultural substrates: I. Mathematical models form moisture characteristics of horticultural container media. *Journal of American Society for horticulturae Science*, Alexandria, v. 114, n. 1, p. 48 - 52, 1989.

PADUA, C.C; NASCIMENTO, A.M.; FONTES, L.E.F.; FERNANDES, R.A.B.; LIMA, F.N.B. Utilização de salvinia (*Salvinia auriculata*) como substrato para cultivo de bromélias. *Vidalia*. Viçosa, v.1, n.1, p.47 - 56, 2003.

RUIZ, H.A.; FERREIRA, G.B.; PEREIRA, J.B.M. Estimativa da capacidade de campo de latossolos e neossolos quartzarênicos pela determinação do equivalente de umidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.2, p. 389-393, 2003.

SODRÉ, G.A. *Qualidade da manta orgânica de mata natural, capoeira, pastagem e plantios de eucalipto no sudeste da Bahia*. 1999. 80 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

SODRÉ,G.A.; ARGOLO,R.C.; ARAÚJO,Q.R; MARROCOS,P.C.L. Caracterização física e química de materiais para composição de substratos na produção de mudas no Instituto Biofábrica de Cacau In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M.F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.70. (Documento IAC, 70).

VAN LIER, Q de JONG. Índices da disponibilidade de água para as plantas. In: NOVAES, R.F.; ALVAREZ V.V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Org.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: 2000. v.1, p. 95 –106.

CAPÍTULO 3 - MÉTODO “POUR THRU” APLICADO A SUBSTRATOS USADOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CACAUEIROS

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi aplicar o método “Pour Thru” em substratos usados na produção de mudas de cacauzeiros. Os substratos foram: produto comercial Plantmax®, composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC), serragem de madeira (SER), fibra de coco (FC), casca de arroz carbonizada (CAC) e vermiculita (VER). Inicialmente foram preenchidos tubetes de 288 cm³ que receberam 10 volumes (100 mL cada) de água desionizada e na solução lixiviada coletada foram determinados o pH, a condutividade elétrica (CE) e teores de potássio e sódio. Os valores de pH variaram entre 5,0 e 8,0 em Plantmax® e CTAC, respectivamente. Verificou-se que a partir do primeiro volume lixiviado a CE de todos os substratos foi reduzida. Foram encontradas correlações positivas para a CE em relação ao potássio e sódio da FC ($r = 0,83$ e $0,72$ $P < 0,05$) e CTAC ($r = 0,98$ e $0,99$ $P < 0,05$). Verificou-se que, embora a FC apresente na primeira lixiviação valor de CE superior aos demais substratos, o valor ideal para mudas de cacauzeiros, que é de 2,0 dS m⁻¹, foi alcançado na segunda lixiviação. Com o método “Pour Thru” foi possível identificar a necessidade de lavagem da FC e CTAC antes do uso como substrato para mudas de cacauzeiro. Os teores de potássio e sódio na solução lixiviada dos substratos FC e CTAC podem ser usados como indicadores de variações da CE.

Palavras-Chave: condutividade elétrica, cultivo sem solo, lixiviados, *Theobroma cacao*

Introdução

A multiplicação vegetativa de cacaueteiro *Theobroma cacao* L não é uma técnica nova nessa cultura, pois existem registros de uso desde a década de 1950 no Equador e Trinidad. No Brasil, com o surgimento de novos materiais clonais o uso da estaquia vem crescendo, destacando-se o estado da Bahia como maior produtor nacional, registrando até julho de 2004, produção próxima a 6,6 milhões de mudas (MARROCOS & SODRÉ, 2004).

Para implementação em larga escala da multiplicação vegetativa de cacaueteiro e, devido à exigência da legislação, faz-se necessário substituir o solo mineral por substratos. Nesse contexto, destaca-se que os substratos diferem grandemente dos solos minerais quanto aos atributos físicos e químicos. Nos viveiros de mudas de cacaueteiros da região cacaueteira da Bahia, os substratos regularmente usados são o produto comercial Plantmax® e a fibra de coco, misturados na relação volumétrica 1:1 (MARROCOS & SODRÉ, 2004).

Substratos obtidos a partir de resíduos regionais apresentam potencial para uso na produção de mudas de cacaueteiros. Na região cacaueteira do estado da Bahia, o tegumento da amêndoa do cacau (resíduo da indústria de moagem) e as serragens são aqueles que apresentam maiores possibilidades para substituir os substratos comerciais. Entretanto, só após avaliação de atributos físicos e químicos desses resíduos poder-se-á optar por aquele que melhor atenda às exigências para a produção de mudas de cacaueteiro.

No manejo de substratos, os principais atributos químicos monitorados são o pH e a salinidade (KÄMPF, 2000). A faixa de pH considerada ideal para os cultivos varia de acordo com o substrato, o manejo adotado e a cultura. Por outro lado, a condutividade elétrica (CE) indica a concentração de sais ionizados na solução e auxilia na estimativa da salinidade do substrato.

Quando existem elementos com potencial para alteração da CE, como o sódio, é importante que se determine a concentração do elemento (PRIETO MARTINEZ &

SILVA FILHO, 2004). Esses autores enfatizaram que os íons responsáveis pela elevação da CE podem ou não serem nutrientes para as plantas.

Na análise química de substratos, a água é o principal extrator usado. As medidas de pH e CE normalmente são realizadas após extração aquosa nas proporções substrato:água 1:1,5; 1:2,0 e 1:5,0 ou extrato de saturação (BATAGLIA & FURLANI, 2004). De acordo com esses autores, os métodos não destrutivos para monitorar quimicamente os substratos, são ferramentas seguras para tomada de decisão na irrigação ou fertirrigação.

O “Pour Thru”, método desenvolvido por CAVINS et al. (2000), é classificado como método não destrutivo e consiste em determinar pH e CE no lixiviado obtido, uma hora após a irrigação das plantas em recipientes cultivados com substratos. Devido à facilidade de uso, o custo reduzido de equipamentos e o curto tempo para tomada de decisões, o método “Pour Thru” é adotado por viveiristas de diferentes cultivos para decidir o momento correto de fertirrigar.

Este trabalho teve como objetivo aplicar o método “Pour Thru” em substratos usados na produção de mudas de cacauzeiros.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido no laboratório de solos da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - Ceplac, em Ilhéus - BA. Utilizou-se o método “Pour Thru”, com as seguintes modificações: uso de tubetes não cultivados (apenas preenchidos com os substratos) e determinação adicional dos teores de sódio e potássio na solução lixiviada.

Os substratos foram coletados no galpão de estocagem do Instituto Biofábrica de Cacau (IBC), que é uma unidade de produção de mudas de cacauzeiro localizada no município de Uruçuca-BA. Os seguintes substratos foram utilizados: produto comercial Plantmax®, composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC), serragem de

madeira (SER), fibra de coco (FC), casca de arroz carbonizada (CAC) e vermiculita (VER).

Tubetes plásticos de 288 cm³ (volume usado para produção de mudas no IBC) foram preenchidos com os substratos que tiveram as quantidades calculadas a partir da densidade úmida, determinada no momento do enchimento, pelo método da autocompactação (FERMINO 1996). Para evitar a perda de substrato, no fundo dos tubetes foram colados botões plásticos de 1,2 cm de diâmetro com quatro furos.

Os tubetes foram colocados sobre potes de vidro de 200 mL e receberam inicialmente 100 mL de água desionizada, deixando-se drenar por um período inicial de 14 horas. A primeira coleta foi denominada de primeira solução lixiviada. Após a coleta da primeira solução lixiviada, o mesmo procedimento foi realizado mais nove vezes a intervalos de uma hora, recolhendo-se separadamente o volume lixiviado.

Após a coleta de cada solução lixiviada, determinou-se o pH, a CE e os teores de sódio e potássio. As análises para cada substrato foram realizadas com três replicações.

A análise estatística foi realizada com a correlação entre os valores médios da CE e teores de sódio e potássio encontrados em cada solução lixiviada.

Resultados e Discussão

Os valores de pH variaram entre 5,0 e 8,0 para os substratos Plantmax® e o composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC). Todos os substratos apresentaram valores mínimos superiores a 5,0 nas dez soluções lixiviadas (Figura 1).

O pH do CTAC e vermiculita (VER) foram superiores a 7,0 em todas as soluções lixiviadas. O pH encontrado na solução lixiviada desses substratos indica que eles podem ter uso limitado na produção de mudas de cacau, pois segundo HANDRECK & BLACK (1999), o pH elevado estaria relacionado com risco de diminuição da disponibilidade de micronutrientes para as plantas. O pH em

torno de 5,0 é considerado adequado para substratos comerciais (BAUMGARTEN, 2002).

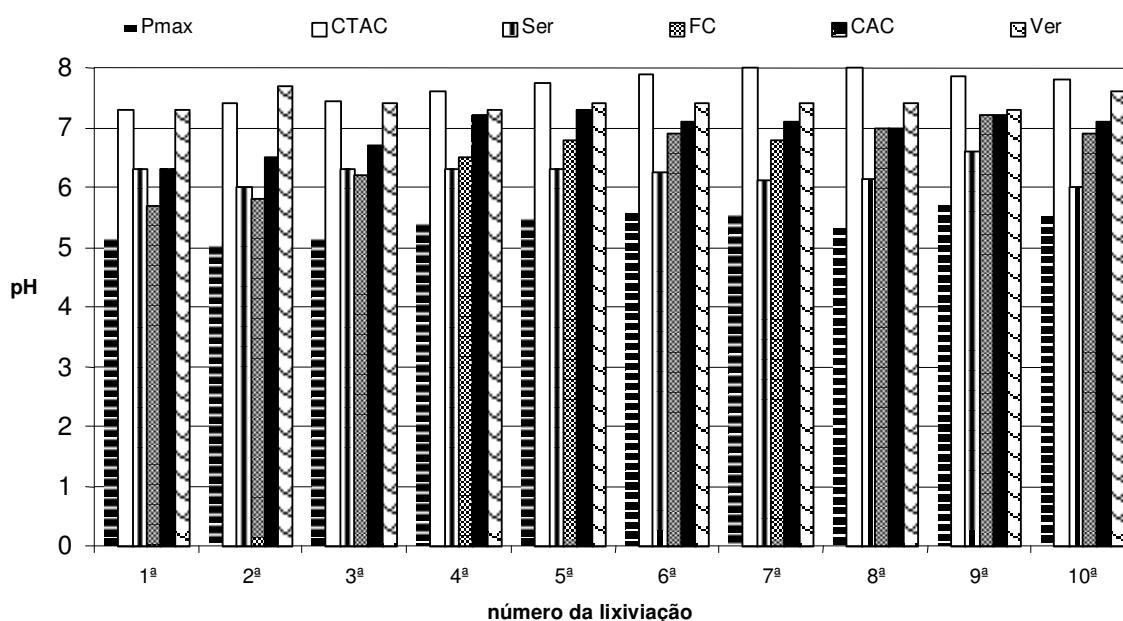


Figura 1. Valores médios de pH encontrados na solução lixiviada de substratos usados para produção de mudas de cacau. Plantmax (Pmax); Composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC); Serragem (SER); Fibra de coco (FC) Casca de arroz carbonizada (CAC) e Vermiculita (VER).

Os valores de CE da casca de arroz carbonizada (CAC) e da serragem (SER) foram inferiores a $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ em todas as soluções lixiviadas (Figura 2). Valores de CE em CAC e SER inferiores a $0,09$ e $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ foram também encontrados por GUERRINI & TRIGUEIRO (2004) e FERMINO (1996), respectivamente. Esse último autor classificou esses substratos como de baixa salinidade ou que dificilmente poderiam alterar a CE da solução lixiviada.

A fibra de coco FC e o CTAC foram os substratos que apresentaram os mais elevados teores de sódio e potássio nas soluções lixiviadas. A CE da primeira solução lixiviada na FC e CTAC alcançou respectivamente valor 8,0 e 4,0 vezes superior ao do

substrato comercial Plantmax® e 4,8 e 3,3 vezes superior a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 2). Esse último valor representa o limite superior de CE adotado por viveiristas para mudas de cacauzeiros.

Valores de CE superiores a $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ em fibra de coco verde oriundo de região costeira também foram encontrados por JASMIM et al. (2006). Esses autores trabalharam com fibra que apresentou teores totais de sódio de $29,6 \text{ g kg}^{-1}$ e verificaram que a lavagem retirou esse elemento com facilidade.

Verificou-se que, a partir da segunda solução lixiviada, o valor da CE foi reduzido (Figura 2). Essa redução foi mais rápida para a FC que, embora inicialmente superior aos demais substratos, teve o valor da CE próximo a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ já na segunda solução lixiviada. Entretanto, isso não ocorreu no CTAC que necessitou de quatro lixiviações para atingir $2,0 \text{ dS m}^{-1}$.

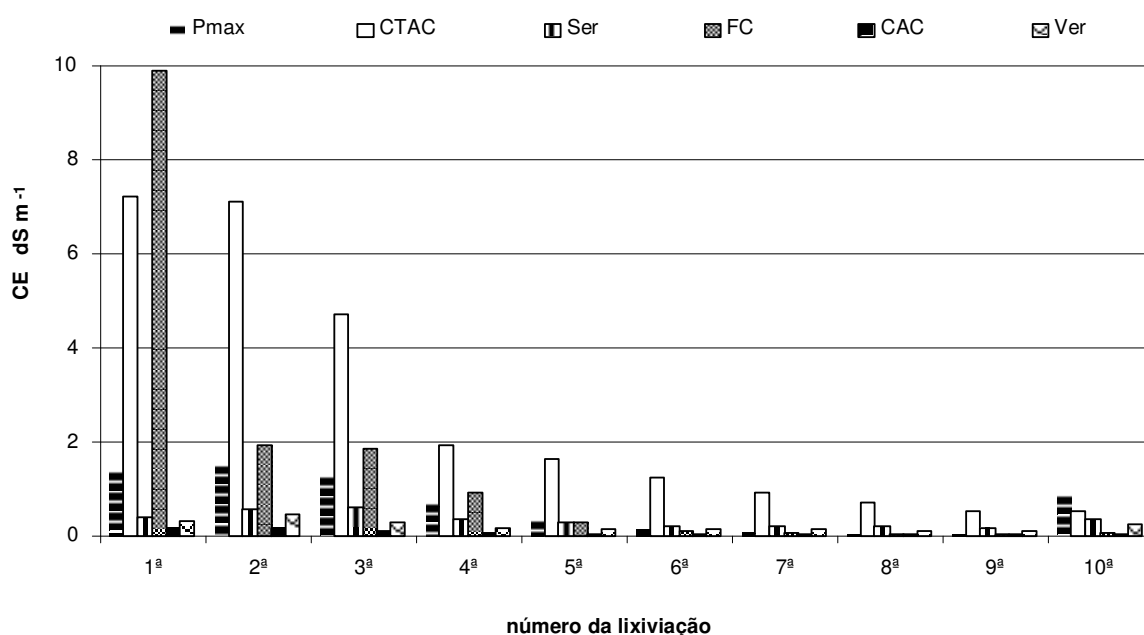


Figura 2. Valores médios de Condutividade elétrica CE em solução lixiviada de substratos utilizados para produção de mudas de cacauzeiros. Plantmax (Pmax); Composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC); Serragem (SER); Fibra de coco (FC) Casca de arroz carbonizada (CAC) e Vermiculita (VER).

Encontraram-se correlações positivas e significativas para a CE em relação ao potássio ($r = 0,83$ e $0,98$ $P < 0,05$) e ao sódio ($r = 0,72$ e $0,99$ $P < 0,05$), nos lixiviados da FC e CTAC, respectivamente. ABREU et al. (2002), trabalhando com substratos fertilizados, verificaram que o aumento de CE, devido à presença de íons, alcançou valores até onze vezes superiores em relação à testemunha, sem fertilizantes. Correlações positivas entre concentração de íons em extrato aquoso de substratos e a CE também foram relatadas por PRIETO MARTINEZ & SILVA FILHO (2004).

Verificou-se que na primeira solução lixiviada da FC e CTAC foram encontrados para sódio e potássio valores de 4,0 e 7,5 vezes superiores a $5,0 \text{ mmol L}^{-1}$, que é o valor adequado para a produção de mudas de cacauzeiros (Figuras 3 e 4). HANDRECK & BLACK (1999) também verificaram a presença de potássio em fibra de coco, mas consideraram que esse elemento em altas concentrações, por ser um macronutriente, pode ser benéfico para o crescimento das plantas. Os resultados deste trabalho discordam parcialmente da consideração desses autores porque demonstraram que o potássio pode elevar a CE para valores acima do nível recomendado, especialmente no substrato CTAC.

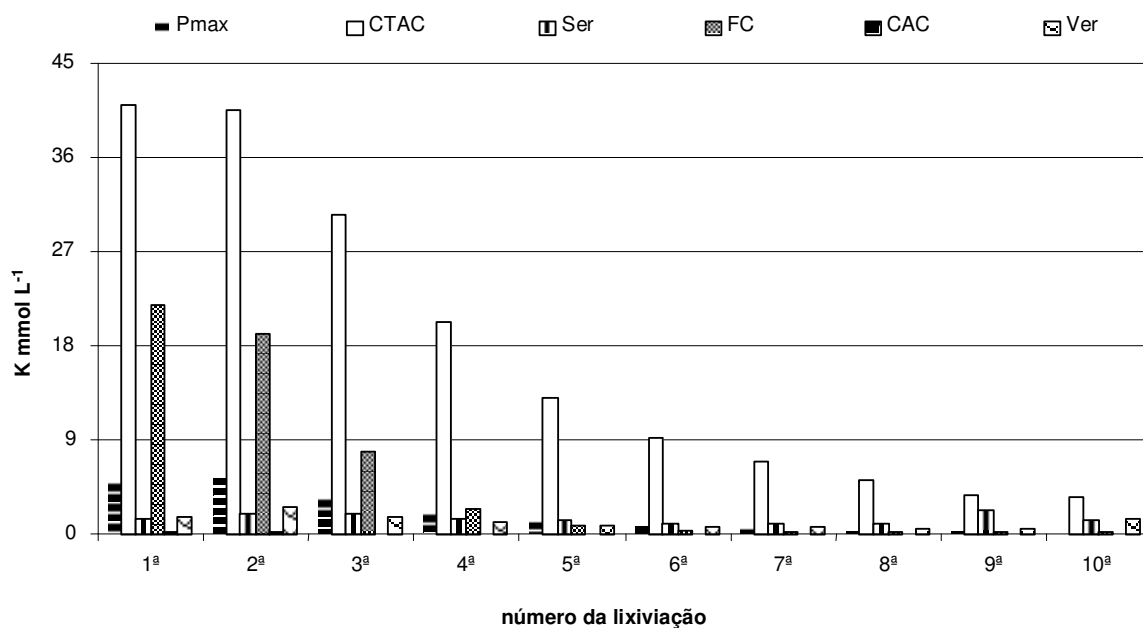


Figura 3. Valores médios do potássio em solução lixiviada de substratos utilizados para produção de mudas de cacauzeiros. Plantmax (Pmax); Composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC); Serragem (SER); Fibra de coco (FC) Casca de arroz carbonizada (CAC) e Vermiculita (VER).

Verificou-se que os valores de sódio e potássio encontrados na solução lixiviada variaram entre os substratos. Observou-se redução de aproximadamente 60% do potássio e 70% do sódio inicial na FC após a terceira lixiviação (Figuras 3 e 4). HANDREK & BLACK (1999) também verificaram que o sódio e o potássio foram facilmente lixiviados da fibra de coco pela água de irrigação. A facilidade de liberação de sódio e potássio é consequência desses elementos encontrarem-se na planta na forma iônica sem fazer parte de moléculas estruturais (SODRÉ et al., 2000).

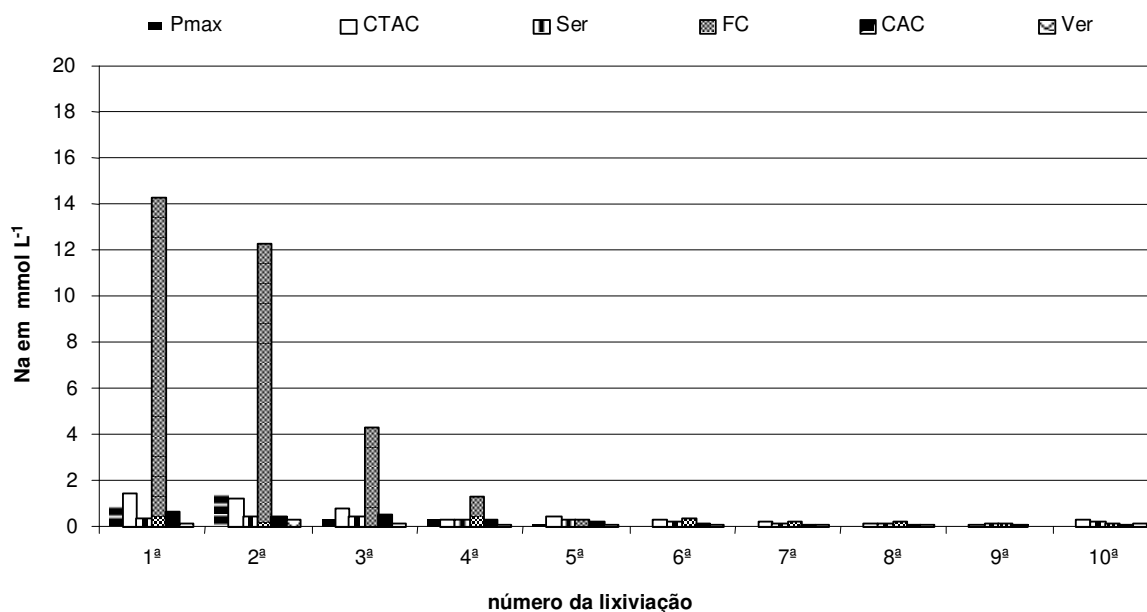


Figura 4. Valores médios do sódio em solução lixiviada de substratos utilizados para produção de mudas de cacauzeiros. Plantmax (Pmax); Composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC); Serragem (SER); Fibra de coco (FC); Casca de arroz carbonizada (CAC) e Vermiculita (VER).

Na comparação entre a lixiviação de sódio e potássio dos substratos FC e CTAC, observou-se que ao contrário da FC, no CTAC o teor de potássio inicial foi reduzido na terceira lixiviação em apenas 20% (Figura 3). Esse resultado indica que o CTAC em relação à FC tem maior capacidade de retenção de potássio e também indica que a FC e o CTAC só deveriam ser usados como substratos após duas e quatro lavagens com volumes proporcionais a 200 e 400 mL de água para cada 288 cm³, respectivamente.

Conclusões

O método “Pour Thru” possibilitou identificar a necessidade de lavagem da fibra de coco e composto do tegumento da amêndoa do cacau antes do uso como substrato para a produção de mudas de cacauzeiro.

Os teores de sódio e potássio na solução lixiviada desses substratos podem ser usados como indicadores de variações da condutividade elétrica.

Referências

ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; BATAGLIA, O. C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M.F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p.17-28. (Documento IAC, 70).

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R. Nutrição mineral e adubação para cultivos em substratos com atividade química. In: BARBOSA, J.G.; PRIETO MARTINEZ, H, E; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed.). *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.106-125.

BAUMGARTEN, A. Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M.F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p.7-15. (Documento IAC, 70).

CAVINS, T. J.; GIBSON, J. L.; WHIPKER, B.E.; FONTENO, W. C. pH and EC meters - tool for substrate analysis. *NC State University*. 2000.

FERMINO, M.H. *Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas*. 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostados por biossólidos e casca de arroz carbonizada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, v.28, n. 6, p. 1067-1076, 2004.

HANDRECK, K.; BLACK, N. *Growing media for ornamental plants and turf*. Sydney University of New South Wales Press, 1999. 448 p.

JASMIM, J.M.; TOLEDO, R.R.V.; CARNEIRO, L.A. MANSUR, E. Fibra de coco e adubação foliar no crescimento e na nutrição de *Cryptanthus sinuosus*. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 3, p. 309 - 314, 2006.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. (Coord.). *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254p.

MARROCOS, P.C.L.; SODRÉ, G.A. Sistema de Produção de mudas de cacauzeiros. In: BARBOSA, J.G.; PRIETO MARTINEZ, H, E; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed.). *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 283-311.

PRIETO MARTINEZ, H.E.; SILVA FILHO, J.B. *Introdução ao cultivo hidropônico de plantas*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2004. 111p.

SODRÉ, G.A.; BARROS, N.F.; MENDONÇA, E.SÁ.; CANTARUTTI, R.B.; FONTES, M.P.F. Lixiviação potencial de nutrientes da manta orgânica de diferentes coberturas vegetais no sudeste da Bahia. *Revista Agrotrópica*, Ilhéus, v. 12, n.2, p. 105 -110, 2000.

CAPÍTULO 4 - EFEITO DO COMPRIMENTO DA MINIESTACA NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE CACAUEIRO

RESUMO - O trabalho teve como objetivo comparar o crescimento de mudas de cacaueteiro, produzidas por miniestacas, medindo 4 e 8 cm de comprimento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos (comprimento da estaca), seis tempos de avaliação e seis repetições. Foram usadas miniestacas do clone TSH 1188. O estaqueamento foi realizado em areia e, em seguida as miniestacas foram conduzidas à câmara de nebulização para enraizamento. Passados quarenta dias, as miniestacas enraizadas foram transplantadas em sacos de polietileno de 3,4 dm³ e transferidas para crescimento em casa de vegetação. O substrato de crescimento foi serragem misturada à areia na proporção serragem:areia 8:1 (v:v). Nos períodos 180, 210, 240, 270, 300 e 330 dias após o transplante, seis plantas por tratamento foram cortadas e avaliadas em altura da brotação, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes e área foliar. Foram obtidas equações de regressão para as variáveis em função do tempo. Os modelos foram testados e depois de constatada as significâncias obteve-se para cada variável uma equação comum. Em seguida, realizou-se análise de variância para verificação da identidade entre os modelos. Os resultados permitiram concluir que a produção de mudas de cacaueteiro do clone TSH 1188 pode ser realizada com miniestacas medindo 4 ou 8 cm de comprimento.

Palavras-Chave: estaquia, propagação, substrato, *Theobroma cacao*

Introdução

A cultura de cacaueteiro configura-se como um dos raros casos entre espécies perenes cultivadas em que a multiplicação seminal superou a vegetativa. No Brasil, a técnica de enraizamento de estacas de cacaueteiro foi completamente substituída por plantios de sementes. Isso ocorreu segundo DIAS (1993), porque plantas híbridas apresentavam boas respostas no campo e reduzidas taxas de segregação na geração F1.

Com o surgimento da doença vassoura-de-bruxa, causada pelo fungo *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer e o aumento da demanda por variedades clonais resistentes, houve necessidade de se recorrer novamente às técnicas de enraizamento, principalmente porque a resistência genética é a mais importante ferramenta usada para controle da doença. Nesse contexto, a produção de mudas de cacaueteiros por estaquia tem crescido em relação direta ao surgimento dos novos clones resistentes.

Nas pesquisas sobre multiplicação de cacaueteiro por estaquia foram usadas estacas de diversos tipos e comprimentos. Historicamente iniciaram-se com estacas medindo 20 cm de comprimento e apenas uma folha inteira (PIKE, 1931; FOWLER, 1955). GUILTINAN et al. (2000) usaram estacas de uma gema medindo 2 cm de comprimento e obtiveram sucesso no enraizamento após embriogênese somática. O uso de ramos ortotrópicos *versus* plagiotrópicos foi discutido por MILLER & GUILTINAN (2003), enquanto LEITE (2006) trabalhou com redução do número e do tamanho de folhas na estaca.

Considerando-se apenas o comprimento da haste, o termo miniestaca não tem utilidade prática em estudos de multiplicação de plantas. Isso porque o comprimento é variável em função da espécie, tipo de ramo, nutrição mineral da planta matriz, número de gemas e idade do ramo. Na cultura do eucalipto, por exemplo, a miniestaquia caracteriza-se pela utilização de brotações de plantas propagadas pelo método de estaquia convencional (XAVIER et al., 2001). No caso do cacaueteiro, o termo miniestaca é usado para diferenciar do comprimento adotado pelo Instituto Biofábrica de Cacau

(IBC), unidade de produção de mudas localizada no estado da Bahia, o qual utiliza estacas de 16 cm de comprimento (MARROCOS & SODRÉ, 2004).

A capacidade de enraizamento de estacas de cacaueteiro varia com a época do ano em que as estacas são coletadas (LEITE, 2006). Também entre clones e depende da nutrição mineral e sanidade das plantas matrizes (EVANS, 1953). Esse último autor ressaltou que, para se obter sucesso na propagação de cacaueteiro, a posição da estaca no ramo (apical ou subapical) e o comprimento são fatores importantes, sobretudo, porque interferem no rendimento e qualidade das mudas enraizadas.

HARTMANN et al. (1997) destacaram que, de modo geral, as estacas da posição apical de espécies lenhosas, devido à intensa atividade meristemática, são as que apresentam maiores níveis de enraizamento. Nesse contexto, a retirada de estacas de cacaueteiro da posição apical permitirá usar a maior capacidade de enraizamento do material juvenil, visando maior produtividade por planta matriz, aumento dos níveis de enraizamento e diminuição dos custos de produção das mudas.

Considerando que a redução no comprimento da estaca de cacaueteiro na preparação de mudas pode significar menores custos e que estacas de menor tamanho aumentam o rendimento por planta matriz, o trabalho teve como objetivo comparar o crescimento de mudas de cacaueteiro, produzidas por miniestacas, medindo 4 e 8 cm de comprimento.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em câmara de nebulização para enraizamento e casa de vegetação para crescimento das plantas, ambas localizadas no centro de pesquisas da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - Ceplac, em Ilhéus - BA.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos (miniestacas de 4 e 8 cm de comprimento), seis períodos de avaliação decorridos a

partir do transplante das miniestacas (180, 210, 240, 270, 300 e 330 dias) e seis repetições.

As miniestacas foram inicialmente enraizadas em areia e em seguida crescidas em substratos. Foram usados ramos plagiotrópicos recém amadurecidos do clone Trinidad Select Hybrid (TSH 1188), coletados de plantas matrizes mantidas em sacos de polietileno de 22 dm³.

Para o enraizamento das miniestacas foram usados tubos de PVC de 20 cm de diâmetro e 10 cm de altura, preenchidos com areia. Na análise física a areia apresentou 86% de areia grossa, 10% de areia fina e 4% de argila. Visando retirar sais contaminantes e argila, a areia foi previamente imersa em água destilada por 72 horas e em seguida seca à sombra. Para evitar perda de areia, os tubos tiveram as bases revestidas com tela de polietileno de 1 mm de diâmetro, presa com tiras de borracha.

As miniestacas de 4 e 8 cm de comprimento foram retiradas da ponta dos ramos das plantas matrizes. Inicialmente os ramos foram cortados transversalmente 2 mm abaixo de uma gema foliar a partir do ápice e em seguida tiveram a primeira folha a partir da base reduzida à metade e as demais em 20% do tamanho original.

As miniestacas foram inicialmente tratadas na base com ácido indol-butírico (AIB) 6.000 mg kg⁻¹, misturado em talco. Em seguida, foram inseridas na areia a 2 cm de profundidade e conduzidas à câmara de nebulização. Para manter a atmosfera saturada a 100% de umidade relativa na superfície da folha, as miniestacas foram submetidas à nebulização por 15 segundos a cada 5 minutos entre as 6 e 18 horas e 15 segundos a cada hora das 18 às 6 horas do dia seguinte.

Quando verificada a presença de raízes e início das primeiras brotações, o que ocorreu aproximadamente após 40 dias, as miniestacas foram transplantadas para sacos de polietileno de 3,4 dm³ e transferidas para crescimento em casa de vegetação.

O substrato usado para crescimento foi formado da mistura de serragem e areia na proporção volumétrica de oito partes de serragem e uma de areia. A serragem foi coletada no município de Una-BA e encontrava-se armazenada por pelo menos cinco anos, em montes ao ar livre. A serragem foi previamente passada em peneira de 6 mm, imersa em água destilada por 72 horas, seca ao ar, e em seguida misturada à areia.

Aplicações de fertilizantes foram realizadas no substrato de crescimento antes do transplante, misturando-se $2,0 \text{ g dm}^{-3}$ do fertilizante de liberação lenta (3-5 meses) Osmocote® (22% N - 4% P_2O_5 - 8% K_2O) e $0,5 \text{ g dm}^{-3}$ do fertilizante solúvel PG Mix 14% N -18% P_2O_5 - 18% K_2O + micronutrientes. As doses foram determinadas de acordo com MARROCOS & SODRÉ (2004).

Aos 150 dias do período de crescimento das mudas na casa de vegetação, realizou-se adubação com a mesma dose usada antes do transplante, porém aplicada na superfície dos sacos. Na casa de vegetação, as mudas foram diariamente irrigadas por micro aspersão com duração de três minutos a cada cinco horas.

Nos períodos de 180, 210, 240, 270, 300 e 330 dias após o transplante, seis plantas por tratamento foram cortadas e avaliadas em: altura da brotação, área foliar, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes totais.

Os dados foram submetidos à análise de variância, usando-se o programa SAS® (SAS, 1989). Foram obtidas equações de regressão para as variáveis avaliadas em função do tempo. Usando metodologia de identidade de modelos proposta por REGAZZI (1996), efetuou-se análise de variância para identidade dos modelos obtidos, testando a hipótese de que as equações de regressão para os dois comprimentos de miniestacas seriam ou não idênticas.

Resultados e Discussão

O comprimento das miniestacas, de forma geral, não influenciou no crescimento da área foliar, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes totais das mudas em função do tempo após o transplante (Figura 1). Por outro lado, miniestacas de 4 cm apresentaram maiores valores médios de altura da brotação em comparação às estacas de 8 cm. A explicação para o melhor desempenho de estacas menores é apresentado por HARTMAN et al. (1997). Esses autores justificaram que, por se tratar de tecido mais herbáceo, próximo da ponta do ramo e com maior atividade meristemática, as estacas menores teriam mais facilidade de enraizar e desenvolver a brotação em comparação com outras da mesma espécie, mas de maior tamanho.

O modelo linear foi ajustado e significativo para altura da brotação, área foliar, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes totais em função do tempo após o transplante. Aplicando o método proposto por REGAZZI (1996) e depois de verificada a significância dos coeficientes de regressão, obteve-se um modelo comum para cada comprimento (Figura 1). Na geração do modelo comum o programa usou o valor médio encontrados para os dois comprimentos dentro de cada variável.

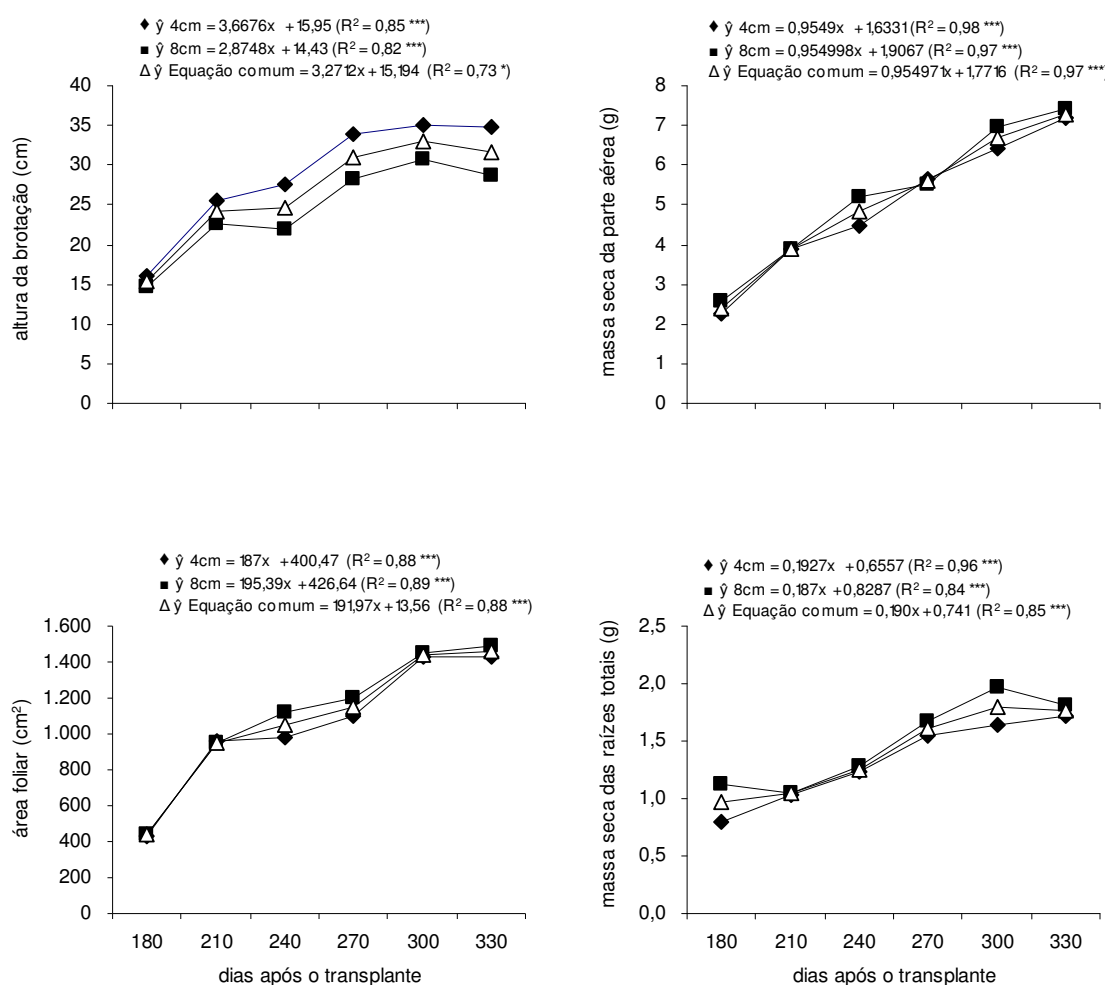


Figura 1. Regressões lineares e modelos comuns para altura da brotação, área foliar, massa seca de parte aérea e massa seca de raízes totais em função do tempo após o transplante de mudas de cacauete produzidas a partir de dois comprimentos de miniestacas do clone TSH 1188. ***, * significativos a 5 e 0,1 % de probabilidade.

Considerando 180 dias como tempo zero para as avaliações do crescimento, observou-se que o maior incremento em altura da brotação ocorreu entre os períodos 180 e 210 dias após o transplante, que foram de 9,5 e 7,9 cm, respectivamente, para miniestacas de 4 e 8 cm (Figura 2). Esse resultado pode ser atribuído principalmente à brotação que ocorreu nesse período e ainda ao efeito do fertilizante aplicado aos 150 dias e ao volume de substrato disponível para crescimento das plantas.

O efeito do comprimento de estacas sobre o crescimento das mudas varia não só com a espécie, mas também com a posição de retirada da estaca na planta matriz. Nesse contexto, LIMA et al. (2006), trabalhando com produção de mudas de aceroleira, verificaram que estacas de 10 cm foram superiores às de 15 e 20 cm quando retiradas na posição mediana do ramo. Esse resultado, no entanto, não foi confirmado por LIMA et al (1992), que verificaram maior porcentagem de enraizamento em estacas de aceroleira de 15 cm em comparação com 7,5 cm e atribuíram esse comportamento a maior quantidade de reservas encontradas nas estacas de maior comprimento.

Resultados de melhor desempenho de estacas de maior comprimento foram encontrados por MAYER et al. (2002) que, trabalhando com estacas de umezeiro de 12, 15, 18 e 25 cm, verificaram que o comprimento influenciou no número de raízes e na mortalidade das estacas e obtiveram melhores resultados com estacas de 25 cm. Por outro lado, NICOLOSO et al. (2001), comparando estacas de ginseng brasileiro, de 10 e 20 cm, verificaram que o comprimento não afetou a porcentagem de enraizamento nem massa seca das estacas.

A partir de 300 dias após o transplante, os incrementos de todas as variáveis foram reduzidos (Figura 2). Esse resultado, em princípio pode ser atribuído à redução do volume de substrato disponível para ser explorado pelas raízes. Adicionalmente, verificou-se que, percorridos 300 dias, iniciou-se o mês de julho, período onde o metabolismo das plantas de cacaueteiro é reduzido, devido à diminuição das temperaturas noturnas, o que resultou em menores incrementos de crescimento geral das mudas. Diferenças no enraizamento do clone TSH 1188 no inverno também foram encontrados por LEITE (2006).

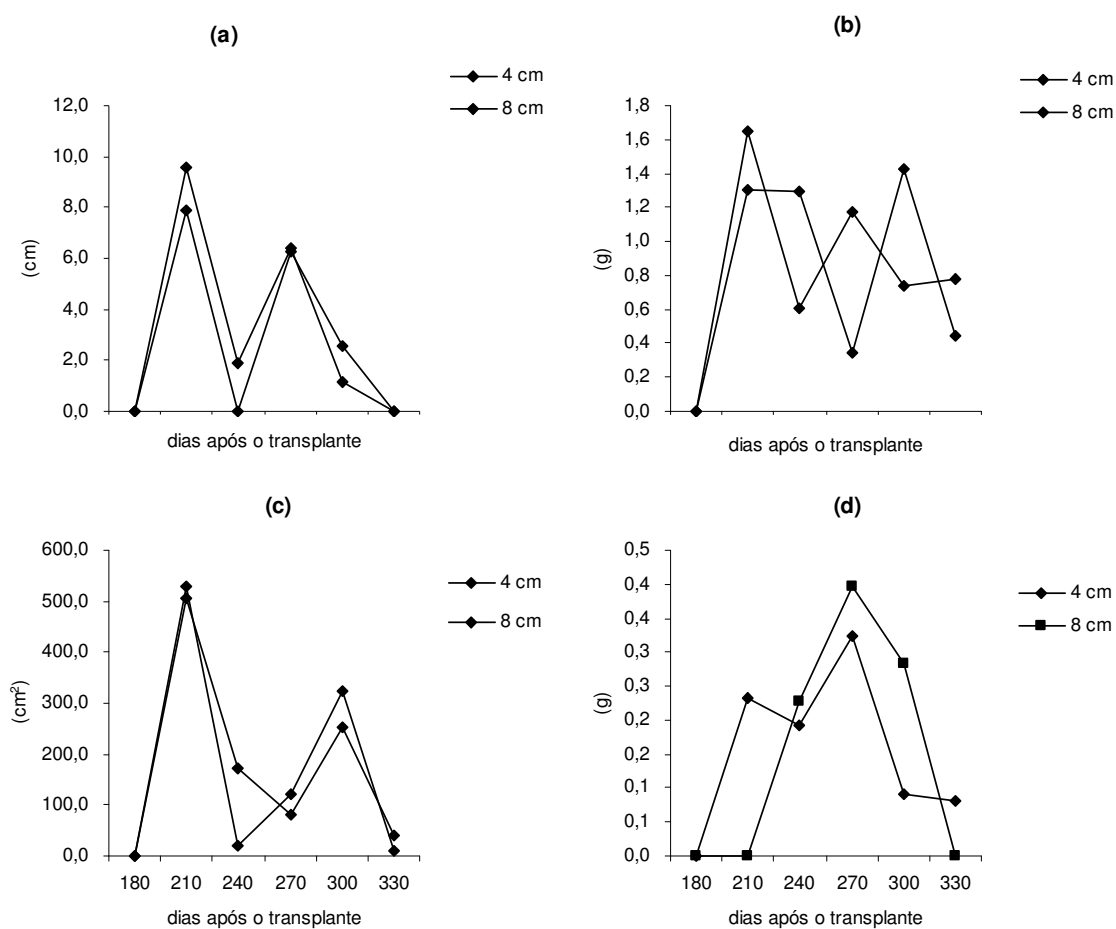


Figura 2. Incrementos da altura da brotação (a), massa seca de parte aérea (b), área foliar (c) e massa seca de raízes totais (d) de mudas de cacauero produzidas a partir de dois comprimentos de miniestacas do clone TSH 1188 e avaliadas em função do tempo após o transplante.

Para comparar a identidade de modelos ($Y_1 = Y_2$) como o deste trabalho é idealmente esperado uma regressão do tipo $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 \gamma_2$, com $\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$, pois nesse caso o valor do R^2 seria 1 (ALVAREZ V. & ALVAREZ, 2003). Assim, buscando-se provar a identidade estatística dos modelos encontrados e para que esses fossem representativos das curvas obtidas foi realizada análise de variância para o parâmetro β (Tabela 1).

Verificou-se que a hipótese H_0 não foi rejeitada ($P < 0,05$) para todas as variáveis (Tabela 1). A não rejeição da hipótese permite concluir que as equações comuns para cada variável podem ser usadas como uma estimativa das duas equações envolvidas e que não existem diferenças significativas entre os comprimentos testados.

Tabela 1. Análises de variância com o teste de hipótese $H_0: \beta_1 = \beta_2$ (as equações são idênticas) vs $H_1: \beta_1 \neq \beta_2$ (as equações não são idênticas), para cada comprimento de estaca.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		Altura da brotação cm	Área foliar cm ²	Massa seca da parte aérea g	Massa seca das raízes totais
Parâmetro (β)	8	8,993	18.937,0	0,09140	0,01771
Teste F		3,9 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,4 ^{ns}	2,0 ^{ns}

ns: não significativo a 5% de probabilidade.

Conclusão

Concluiu-se que para a produção de mudas de cacaueteiro do clone TSH 1188 poderão ser usadas miniestacas de 4 ou 8 cm de comprimento.

Referências

ALVAREZ V.V.H.; ALVAREZ, G. A. M. *Apresentação de equações de regressão e suas interpretações. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa: v. 28, n. 3, p 29 - 32, 2003.*

DIAS,L.A.S. Propagação vegetativa vs reprodução seminal em cacau. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 45., 1993, Recife. *Anais...* Recife: SBPC, 1993. v.1.

EVANS, H. Investigations on the propagation of cacao. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v. 28, p.147-203, 1953.

FOWLER, R. L. *Propagação de cacau por meio de estacas*. Escritório Técnico de Agricultura – ETA, [S.I.]: 1955. (Avulso IL. n. 3). Folder.

GULTINAN, M.J.; MILLER,A.T.; MAXIMOVA,S.N. Greenhouse and field evaluation of ortotropic cocoa plants produced via somatic embryogenesis, micro and macro propagation. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE,13., 2000, Kota Kinabalu. *Proceedings...* Kota Kinabalu: 2000. p.323-330.

HARTMANN, H. T.; KERSTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. L. *Plant propagation: principles and practices*. 6th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. p. 276-501.

LEITE, J.B.V. Cacaueiro: *Propagação por estacas caulinares e plantio no semi-árido do estado da Bahia*. 2006. 84 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

LIMA, A.C.S.; ALMEIDA,F.A.C.; ALMEIDA,F.C.G. Estudo sobre o enraizamento de estacas de acerola (*Malpighia glaba* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 14, n.1, p.7 -13, 1992.

LIMA, R.L.S.; SIQUEIRA,D.L.; WEBER, O. B.; CAZETTA, J.O. Comprimento de estacas e parte do ramo na formação de mudas de aceroleira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 28, n.1, p.83-86, 2006.

MARROCOS, P.C.L.; SODRÉ, G.A. Sistema de Produção de mudas de cacauzeiros. In: BARBOSA, J.G.; PRIETO MARTINEZ, H, E; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed.). *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 283-311.

MAYER, N.A.; PEREIRA, F.M.; NACHTIGAL, C.J. Efeito do comprimento de estacas herbáceas de dois clones de umezeiro (*Prunus mume* **Sieb & Zucc.**) no enraizamento adventício. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 24, n.2, p.500-504, 2002.

MILLER, C.R.; GULTINAN, M.J. Perspectives on rapid vegetative multiplication for orthotropic Scion and rootstock varieties of cocoa. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON COCOA BREEDING FORM IMPROVED PRODUCTION SYSTEMS, 2003, Accra., *Proceedings...* Accra: 2003. p.189-194.

NICOLOSO, F.T.; CASSOL.L.F.; FORTUNATO, R.P. Comprimento da estaca de ramo no enraizamento de ginseng brasileiro (*Pfaffia glomerata*) *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n.1, p.57-60, 2001.

PYKE, E. E. The vegetative propagation of *Theobroma cacao* by softwood cuttings. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.8, n.9, p. 249, 1931.

REGAZZI, A.J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31,n.1, p.1-17, 1996.

SAS INSTITUTE. *SAS/STAT user's guide*: version 6.4. Cary,1989. v. 2,1686 p.

XAVIER,A.; ANDRADE,B.H.; OLIVEIRA,M.L.; WENDLING,I. Desempenho do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, Viçosa, v.25, n.4, p.403-411, 2001.

CAPÍTULO 5 - SUBSTRATOS PARA ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CACAUEIRO

RESUMO - O trabalho verificou a influência de substratos no enraizamento de miniestacas de cacau dos clones CCN-51, Cepec 2006, TSA-792 e TSH-1188. Foram usados como substratos a serragem (SER), o composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC) e combinações SER + CTAC 1:1 (v:v) (SERCTAC) e SER + areia 8:1 (v:v) (SERAREIA). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4, constituído pelos 4 clones e 4 substratos com 2 repetições. As parcelas foram constituídas de 6 tubetes, sendo colocada uma miniestaca por tubete. As miniestacas foram inicialmente tratadas com AIB 6.000 mg kg⁻¹, em seguida, inseridas em tubetes de 288 cm³ preenchidos com os substratos e mantidas em câmara de nebulização durante 50 dias. Após esse período foram avaliadas a porcentagem de sobrevivência (SOB), massa seca da brotação (MSB), massa seca de raízes principais (MSRP) e massa seca das raízes totais (MSRT). Os substratos não influenciaram na SOB dos clones. A massa seca de raízes principais e totais do clone TSA-792, enraizado em serragem e do Cepec 2006 em mistura de serragem e composto do tegumento da amêndoa do cacau foram superiores ao TSH-1188. A combinação serragem e composto do tegumento da amêndoa do cacau na proporção volumétrica 1:1 foi o substrato mais adequado para o crescimento da brotação de miniestacas do clone Cepec 2006.

Palavras-Chave: estaquia, propagação, serragem, *Theobroma cacao*

Introdução

A primeira multiplicação vegetativa bem sucedida em cacauero foi realizada em Trinidad e descrita por PYKE (1931), que conseguiu enraizar estacas e relatar a anatomia da formação de raízes adventícias. Nesse contexto, o uso de mudas clonais de cacaueros, em plantios comerciais na América Central, ocorre desde a década de 50. No Brasil, entretanto, devido à boa produção das plantas híbridas e à facilidade de produção de sementes, o plantio clonal foi superado pelo seminal (DIAS, 1993).

A partir do ano de 1997, a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – Ceplac, intensificou as pesquisas para produção de mudas clonais em larga escala no estado da Bahia. Essa ação visava atender a demanda por clones resistentes à vassoura-de-bruxa, doença causada pelo fungo *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer (PEREIRA et al., 1989).

As primeiras mudas produzidas no ano de 1999 foram provenientes de estacas semilenhosas de ramos plagiotrópicos, medindo aproximadamente 16 cm de comprimento, coletadas em germoplasma no campo, enraizadas em viveiros telados, usando tubetes de 288 cm³ e substrato formado pela mistura de fibra de coco e casca de *Pinus* na proporção 1:1 (v:v) (MARROCOS & SODRÉ, 2004). Desde então, a escolha do substrato adequado, o tamanho das estacas usadas e o manejo nutricional e sanitário no campo e nos viveiros constituíram-se nos principais desafios para intensificar a produção clonal de mudas de cacaueros no estado da Bahia.

Incrementos na produção das mudas de cacaueros podem ser conseguidos com uso de germoplasma crescendo em viveiros e usando estacas de menor tamanho. O uso de estacas de tamanho inferior a 16 cm (mini-estacas de 4 a 6 cm), para a produção de mudas de cacauero, utiliza material herbáceo visando elevar os níveis de enraizamento. Por outro lado, ao serem coletadas em jardins clonais que podem ser mantidos em viveiros, nos quais as plantas recebem manejo nutricional e sanitário adequado, melhora-se a qualidade das mudas e reduzem-se os custos de produção das mesmas.

Se a grande demanda por substratos e o custo dos mesmos contribui para a elevação do preço final da muda produzida, por outro lado, a utilização de resíduos disponíveis regionalmente pode reduzir custos e minimizar a poluição decorrente do acúmulo desses materiais no ambiente (FERMINO, 1996).

Na região sul do estado da Bahia, a serragem de madeira é um resíduo que se encontra em serrarias ativas ou desativadas, expostos ao tempo e sem utilidade imediata. O material apresenta-se com partículas de diferentes tamanhos, coloração variando de vermelho a marrom e diferentes graus de decomposição.

Outro resíduo com grande disponibilidade no sul da Bahia é o tegumento da amêndoa do cacau (TAC). Trata-se de um resíduo da indústria de moagem de amêndoas, com granulometria variando de 0,5 a 4 mm e teor de umidade inferior a 5,0%. Ao contrário da serragem, que se encontra naturalmente compostada e pode ser diretamente usada como substrato, o TAC necessita de prévia compostagem (SODRÉ et al., 2005). Esses autores verificaram que o tegumento compostado tem cor escura e libera em água altas concentrações de potássio e, também denominaram o produto final da compostagem de composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC).

No contexto do uso de resíduos regionais como substrato ou componente de substratos, a serragem e o CTAC apresentam potencial para serem usados. Assim, o trabalho teve como objetivo verificar a influência de substratos compostos por serragem, composto do tegumento da amêndoa do cacau e areia no enraizamento de miniestacas de clones de cacau.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - Ceplac em Ilhéus-BA. Os clones usados foram: CCN-51, Cepec 2006, TSA 792 e TSH 1188. Esses clones foram escolhidos porque apresentam as principais características genéticas e de compatibilidade reprodutiva daqueles atualmente adotados por produtores do estado da Bahia.

As plantas matrizes encontravam-se em viveiro telado, crescendo em sacos de polietileno de 22 dm³ preenchidos com substrato composto da combinação de fibra de coco e casca de *Pinus* na proporção 1:1 (v:v).

Os substratos usados no enraizamento das miniestacas foram: serragem coletada no município de Una-BA (SER), composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC), combinação de SER + CTAC na proporção 1:1 (v:v) (SERCTAC) e combinação de SER e areia na proporção 8:1 (v:v) (SERAREIA). A serragem e a areia foram lavadas com água destilada para retirada de sais solúveis na areia e tanino na serragem. Em seguida, foram secos à sombra.

Foram usadas miniestacas herbáceas, coletadas na ponta de ramos plagiotrópicos, medindo de 4 a 6 cm de comprimento. A base da miniestaca foi cortada transversalmente 2 mm abaixo de uma gema foliar e em seguida a primeira folha da base para o ápice foi reduzida à metade e as demais em 20% do tamanho original.

Depois de tratadas na base com ácido indolbutírico (AIB) 6.000 mg kg⁻¹ misturado em talco, as miniestacas foram inseridas em tubetes de 288 cm³, preenchidos com os substratos, e conduzidas à câmara de nebulização para enraizamento. Para manter a atmosfera saturada a 100% de umidade relativa na superfície da folha, as miniestacas foram submetidas à nebulização por 15 segundos a cada 5 minutos entre as 6 e 18 horas e 15 segundos a cada hora das 18 às 6 horas do dia seguinte.

Quando foi verificado o início das primeiras brotações, o que ocorreu aos 50 dias, as miniestacas foram avaliadas quanto à porcentagem de sobrevivência (SOB), massa seca da brotação (MSB), massa seca das raízes principais (MSRP) e massa seca de raízes totais (MSRT). As raízes principais foram aquelas que apresentavam diâmetro superior a 0,025 mm após secagem em estufa a 65°C por 48 horas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4, constituído pelos 4 clones e 4 substratos com 2 repetições. As parcelas foram constituídas de 6 tubetes, sendo colocada uma miniestaca por tubete.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. A variável SOB, por ser expressa em porcentagem, foi transformada em arco seno $\sqrt{p/100}$, sendo p o valor encontrado.

Resultados e Discussão

Verificou-se que os valores encontrados para a porcentagem de sobrevivência (SOB) não diferiram estatisticamente entre substratos e clones. Para as demais variáveis foram verificados efeitos significativos para os substratos e clones de cacaueteiro aos 50 dias, contudo, não foi estudado o efeito da interação entre esses fatores (Tabela 1).

A elevada SOB (Tabela 2), pode ser atribuída ao rigoroso controle do ambiente (água, luz e temperatura) na câmara de nebulização e ao bom estado nutricional e sanidade das plantas matrizes, no viveiro, no momento do corte das miniestacas. Contudo, como destacou EVANS (1953), clones de cacaueteiros que apresentam bons níveis de sobrevivência em experimentos bem controlados podem não repetir os mesmos resultados em larga escala, sendo esse um fator negativo no processo de multiplicação de cacaueteiro.

Outra explicação para a alta SOB foi o curto tempo decorrido entre o corte da miniestaca e o estaqueamento que foi sempre inferior a 20 minutos. WENDLING et al. (2000), trabalhando com miniestacas de eucalipto, argumentaram que atrasos decorridos entre o corte da planta matriz e o estaqueamento diminuem o turgor e aumentam a oxidação da base de miniestacas, reduzindo o percentual de enraizamento.

Tabela 1. Valores dos quadrados médios obtidos na análise de variância para efeito de quatro substratos¹ usados no enraizamento de miniestacas de quatro clones de cacauero² por um período de 50 dias em câmara de nebulização.

Causas da variação	GL	Quadrados Médios			
		SOB ²	MSB	MSRP	MSRT
Substratos	3	0,023 ^{ns}	0,0011 ^{**}	0,0011 ^{ns}	0,007 [*]
Clones	3	0,023 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0073 [*]	0,015 ^{**}
Substratos x Clones	9	0,031 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Resíduo	16	0,035	0,0001	0,0007	0,001
CV (%)		12,4	69,3	36,9	33,3

¹ Substratos: Serragem (SER) composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC), mistura SER + CTAC 1:1 (v:v) (SERCTAC), SER + areia na proporção 8:1 (v:v) (SERAREIA). ² Clones: CCN 51, Cepec 2006, TSA 792 e TSH 1188. ³ Porcentagem de sobrevivência de estacas (SOB); massa seca da brotação (MSB); massa seca da raiz principal (MSRP) e massa seca de raízes totais (MSRT). ns: não significativo a 5% de probabilidade. *, **, : significativos a 5,0 e 1,0 % de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Elevados valores de SOB também foram encontrados para o clone TSH 1188 por SACRAMENTO & FARIA (2003), que usaram para enraizamento uma combinação do substrato comercial Plantmax® e fibra de coco na proporção 1:1 (v:v). Esses autores, usando a concentração de AIB 6.000 mg kg⁻¹ e fertilizantes de liberação lenta no plantio, verificaram porcentagem de sobrevivência de 98% após 78 dias. A SOB, variando entre 90 a 100%, obtida no presente trabalho (Tabela 2), sem uso de fertilizantes, sugere que até 50 dias não seja necessário realizar fertilização nos substratos usados para enraizamento de miniestacas dos clones avaliados.

Tabela 2. Porcentagem de sobrevivência (SOB) de miniestacas de cacau enraizadas por um período de 50 dias em câmara de nebulização.

Clones	SOB (%)			
	Substratos ¹			
	SER	CTAC	SERCTAC	SERAREIA
CCN 51	100	90	100	100
Cepec 2006	100	100	100	100
TSA 792	100	95	100	100
TSH 1188	95	100	90	100

¹Serragem (SER) composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC), mistura SER + CTAC 1:1 (v:v) (SERCTAC), SER + areia na proporção 8:1 (v:v) (SERAREIA).

A massa seca da brotação (MSB) do clone Cepec 2006 diferiu significativamente do clone CCN 51 quando enraizado na combinação de serragem e composto do tegumento da amêndoa do cacau (SERCTAC) (Tabela 3).

A influência do substrato no crescimento de estacas de cacau também foi verificada por EVANS (1953). Esse autor considerou que uma boa relação entre a água e o ar é necessária para a formação de raízes e brotação. No presente trabalho, é possível que o substrato SERCTAC, por ser obtido da combinação de diferentes granulometrias, tenha possibilitado maior equilíbrio entre a água e o ar e com isso permitido maior brotação das miniestacas.

Tabela 3. Massa seca da brotação (MSB) de miniestacas de cacau enraizadas por um período de 50 dias em câmara de nebulização.

Clones	MSB (g)			
	Substratos ¹			
	SER	CTAC	SERCTAC	SERAREIA
CCN 51	0,037 A	0,002 A	0,010 B	0,012 A
Cepec 2006	0,002 A	0,007 A	0,060 A	0,008 A
TSA 792	0,030 A	0,020 A	0,049 AB	0,016 A
TSH 1188	0,012 A	0,004 A	0,027 AB	0,020 A

¹Serragem (SER) composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC), mistura SER + CTAC 1:1 (v:v) (SERCTAC), SER + areia na proporção 8:1 (v:v) (SERAREIA). Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Não houve diferenças significativas entre os substratos para a massa seca das raízes principais (MSRP) das miniestacas. Contudo, foram encontradas diferenças entre os clones (Tabela 4). A MSRP do clone Cepec 2006 foi significativamente superior, diferindo dos clones CCN 51 e TSH 1188, quando as miniestacas enraizaram no substrato SERCTAC. O clone TSA 792 também apresentou MSRP superior ao TSH 1188 para o substrato serragem (SER) (Tabela 4). Esses resultados, que podem ser atribuídos às diferenças no vigor entre clones de cacau, corroboram com os resultados de CHEESMAN & SPENCER (1936) e EVANS, (1953) e também estão de acordo com SENA-GOMES et al. (2000), que verificaram diferenças significativas entre clones quanto ao potencial de enraizamento.

Tabela 4. Massa seca das raízes principais (MSRP) de miniestacas de cacau enraizadas por um período de 50 dias em câmara de nebulização.

Clones	MSRP ¹ (g)			
	Substratos ²			
	SER	CTAC	SERCTAC	SERAREIA
CCN 51	0,074 AB	0,037 A	0,035 B	0,053 A
Cepec 2006	0,110 AB	0,085 A	0,132 A	0,111 A
TSA 792	0,122 A	0,060 A	0,102 AB	0,090 A
TSH 1188	0,039 B	0,057 A	0,027 B	0,082 A

¹Raízes que apresentavam diâmetro superior a 0,025 mm após secagem em estufa a 65 °C por 48 horas.

²Serragem (SER) composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC), mistura SER + CTAC 1:1 (v:v) (SERCTAC), SER + areia na proporção 8:1 (v:v) (SERAREIA). Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Considerando a massa seca das raízes totais (MSRT), verificou-se efeito significativo para substratos e clones (Tabela 1). A MSRT do clone TSA 792, enraizado no substrato SER foi significativamente superior àquela encontrada no composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC) (Tabela 5). Este resultado pode ser atribuído às características químicas do CTAC, especialmente quando usado como substrato na forma pura. SODRÉ et al. (2005), trabalhando com CTAC, encontraram altas concentrações de potássio em solução, atributo químico que pode ter elevado a condutividade elétrica (CE) do CTAC e reduzido o crescimento das raízes. Esse

resultado também pode indicar que o clone TSA 792 seja menos tolerante a variações na CE em comparação com os demais clones.

Tabela 5. Massa seca das raízes totais (MSRT) de miniestacas de cacauero enraizadas por um período de 50 dias em câmara de nebulização.

Clones	MSRT (g)			
	Substratos ¹			
	SER	CTAC	SERCTAC	SERAREIA
CCN 51	0,143 aAB	0,052 aA	0,071 aAB	0,100 aA
Cepec 2006	0,175 aAB	0,114 aA	0,190 aA	0,180 aA
TSA 792	0,215 aA	0,091 bA	0,175 abAB	0,180 abA
TSH 1188	0,067 aB	0,088 aA	0,064 aB	0,135 aA

¹Serragem (SER) composto do tegumento da amêndoa do cacau (CTAC), mistura SER + CTAC 1:1 (v:v) (SERCTAC), SER + areia na proporção 8:1 (v:v) (SERAREIA). Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Verificou-se para clone CCN 51, enraizado no substrato SERCTAC, que a contribuição relativa das raízes principais (0,035 g) para a massa total de raízes (0,071 g) foi superior a 100% (Tabelas 4 e 5). Considerando que a proporção 1:1 entre raízes principais e totais seja adequado para as mudas de cacauero, esse resultado sugere que substrato SERCATC pode ser usado para enraizamento do clone CCN 51.

Observando os resultados da MSRP e MSRT, verifica-se que os resultados encontrados para os clones TSA 792 e Cepec 2006 em relação ao TSH 1188 foram semelhantes (Tabelas 4 e 5). Essa semelhança, para as diferentes classes de raízes, indica que a avaliação da MSRT já seria suficiente para diferenciar esses clones e, portanto, desnecessário fazer separação dessas classes na avaliação final do experimento.

Conclusões

Os substratos não influenciaram na sobrevivência dos clones.

A combinação serragem e composto do tegumento da amêndoa do cacau, na proporção volumétrica 1:1, foi o substrato mais adequado para o crescimento da brotação de miniestacas do clone Cepec 2006.

A massa seca de raízes principal e total do clone TSA 792, enraizado em serragem e do Cepec 2006 em mistura de serragem e composto do tegumento da amêndoa do cacau foram superiores ao TSH 1188.

Referências

CHEESMAN, E.E.; SPENCER, G.E.L. The propagation of cuttings in tropical climate. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v. 13, p. 201-203, 1936.

DIAS, L.A.S. Propagação vegetativa vs reprodução seminal em cacau. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 45., 1993 Recife. *Anais...* Recife: SBPC, 1993. v.1.

EVANS, H. Investigations on the propagation of cacao. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v. 28, p.147-203, 1953.

FERMINO, M.H. *Aproveitamento de Resíduos Industriais e Agrícolas como Alternativas de Substratos Hortícolas*. 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

MARROCOS, P.C.L.; SODRÉ, G.A. Sistema de Produção de mudas de cacauzeiros. In: BARBOSA, J.G.; PRIETO MARTINEZ, H, E; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed.). *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 283-311.

PEREIRA, J.L.; RAM, A.; FIGUEIREDO, J.M.; ALMEIDA, L.C. Primeira ocorrência de vassoura-de-bruxa na principal região produtora de cacau da Brasil. *Agrotrópica*, Ilhéus, v.1, n.1, p.79-81, 1989.

PYKE, E. E. The vegetative propagation of *Theobroma cacao* by softwood cuttings. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.8, n.9, p. 249, 1931.

SACRAMENTO, C.K.; FARIA, J.C. Enraizamento e crescimento de estacas herbáceas do cacauzeiro (Clones Cepec 42, TSH 516 e TSH 1188) em função da aplicação do ácido indolbutírico (AIB). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.25, n.1, p. 192-194, 2003.

SENA-GOMES, A.R.; CASTRO, G.C.; MORENO-RUIZ, M.M.; ALMEIDA, H.A. Avanços na propagação clonal do cacauzeiro no Sudeste da Bahia. In: PEREIRA, J.L.; SERÓDIO, M.H.; BEZERRA, J.L. (Ed.). *Atualização sobre produção massal de propágulos de cacau geneticamente melhorados*. Ilhéus: Atas, 2000. p. 85-89.

SODRÉ, G.A.; CORÁ, J.E.; BRANDÃO, I.C.S.F.L.; SERÓDIO, M.H.C.F. Características químicas de substratos utilizados na produção de mudas de cacauzeiros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.27, n.3, p. 514-516, 2005.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; GOMES, J.M.; PIRES, I.E.; ANDRADE, H.B. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. *Revista Árvore*, Viçosa, v.2, n.2, p. 181-186, 2000.

CAPÍTULO 6 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE SUBSTRATOS À BASE DE SERRAGEM E AREIA E RECIPIENTES PARA CRESCIMENTO DE MUDAS DE CACAUEIRO

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi realizar caracterização física e avaliar o efeito de substratos à base de serragem e areia e dois recipientes no crescimento de mudas de cacaueteiro. O delineamento experimental foi em blocos em esquema fatorial 2 x 4 x 2. Os tratamentos foram obtidos da combinação de serragens originadas dos municípios de Una e Camacan, estado da Bahia, quatro proporções (v:v) de serragem e areia: 1:0; 8:1; 4:1 e 2:1 e dois recipientes de crescimento (tubetes de 288 cm³ e sacos de polietileno de 840 cm³). Foram usadas miniestacas do clone TSH 1188. Inicialmente as miniestacas foram tratadas com AIB 6000 mg kg⁻¹, em seguida foram inseridas em tubetes preenchidos com os substratos e mantidas em câmara de nebulização. Após quarenta dias, as miniestacas foram transferidas para crescimento em casa de vegetação, onde parte foi mantida nos tubetes e outra transplantada em sacos de polietileno. Após cinco meses, em casa de vegetação, as mudas foram avaliadas quanto à altura, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e raízes, número de folhas e área foliar. Na análise dos substratos, verificou-se que a distribuição do tamanho de partículas foi diferenciada entre as serragens e a proporção de areia. As densidades seca, úmida e de partícula aumentaram, enquanto o teor de matéria orgânica e a porosidade foram reduzidos pela adição de areia. O transplante de miniestacas enraizadas de cacaueteiro, clone TSH 1188, para sacos com substrato preparado com serragem coletada no município de Una-BA, nas proporções serragem:areia 4:1 e 2:1, possibilitou maior crescimento das plantas, sendo portanto recomendado para produção de mudas.

Palavras-Chave: estaquia, cultivo sem solo, propagação, *Theobroma cacao*, tubetes

Introdução

A região cacauera da Bahia sofreu, ao longo da década de 90, forte crise econômica que teve como origem a queda dos preços internacionais da *commodity* cacau. Essa situação foi agravada pelo aparecimento da doença vassoura-de-bruxa (PEREIRA et al, 1989), causada pelo fungo *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer que, no período citado, provocou decréscimo de mais de 60% na produção de amêndoas secas na região. A resistência genética tem sido a principal ferramenta usada para o controle dessa doença. Nesse contexto, a produção de mudas de cacauzeiros por estaquia tem crescido proporcionalmente à demanda por clones resistentes.

Para atendimento à legislação e certificação das mudas, faz-se necessário usar substratos padronizados, que apresentem características físicas e químicas apropriadas, ausência de patógenos e de sementes de plantas invasoras. Se o custo dos substratos contribui para a elevação do preço final da muda produzida, por outro lado, a utilização de resíduos disponíveis regionalmente pode propiciar redução de custos e minimizar a poluição decorrente do acúmulo desses materiais no ambiente (FERMINO, 1996).

Na região sul do estado da Bahia, a serragem de madeira é um resíduo que se encontra em serrarias ativas ou desativadas, exposta ao tempo e sem utilidade imediata. O material apresenta-se com partículas de diferentes tamanhos, coloração variando de vermelho a marrom e variados graus de decomposição.

A qualidade da serragem depende da espécie madeireira processada, do tempo e condição de armazenamento e do teor de tanino presente. Segundo BOOMAN (2000), compostos tânico presentes na serragem podem reduzir o crescimento de raízes. Dependendo do tempo de armazenamento, a serragem pode ser usada como substrato sem a necessidade de realizar compostagem. Entretanto, serragens ainda que envelhecidas e naturalmente compostadas podem apresentar fermentação ácida e prejudicar o crescimento das plantas (BURÉS, 1997).

De acordo com BURÉS (1997), substratos com alto percentual de serragem na sua composição podem apresentar problemas de retenção excessiva de umidade.

Nesse caso, para aumentar a drenagem e reduzir o acúmulo de água é necessário que se façam misturas com materiais de maior diâmetro e que apresentem menor capacidade de retenção de água.

Existem registros do uso de areia como componente de substratos para cultivo de cacaueteiro multiplicado vegetativamente há mais de meio século. Nesse contexto, PIKE (1931) e FOWLER (1955) sugeriram o uso de areia e mistura areia + solo para enraizamento e crescimento de mudas produzidas por estaquia.

A areia é considerada como fração da fase sólida e inorgânica do solo com diâmetro compreendido entre 0,05 e 2 mm. De acordo com o *United States Department of Agriculture* (USDA), citado por BRADY & WEIL (2000), a areia pode ser dividida em classes: fina 0,05 - 0,25 mm e grossa 0,25 - 2 mm. A densidade da areia varia entre 1350 e 1800 kg m⁻³ e a porosidade, que é exclusivamente entre partículas, em geral é inferior a 50% (BURÉS, 1997).

As principais vantagens do uso da areia como componente de substratos são o baixo custo, a estabilidade física e a inatividade química, além da facilidade de limpeza e de tratamento para desinfecção. Por outro lado, o inconveniente é a alta densidade, que dificulta o manejo, e a baixa retenção de água e nutrientes. Na preparação de substratos à base de areia é importante especificar-se a granulometria da areia usada, pois, materiais com diferentes tamanhos interferem de forma diferenciada na porosidade e na capacidade de retenção de água das misturas. Para emprego da areia como substrato puro ou em misturas, MARTINEZ (2002) recomenda uma granulometria compreendida entre 0,5 e 2 mm.

Entre os diferentes fatores que afetam o conteúdo de água nos substratos, destaca-se o recipiente de cultivo (FONTENO et al., 1981). Nesse contexto, o tipo de recipiente para crescimento de mudas de cacaueteiro tem influência direta não só na qualidade da muda como também na quantidade de substrato usado e ainda na mão-de-obra para execução de tratamentos culturais, no espaço ocupado nos viveiros, na facilidade de transporte para o campo e no custo final da muda.

Este trabalho teve como objetivo realizar caracterização física e avaliar o efeito de substratos à base de serragem e areia no crescimento de mudas obtidas de miniestacas de cacauero, em tubetes e sacos de polietileno.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações do Centro de Pesquisas da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - Ceplac, em Ilhéus - BA, durante os meses de junho a novembro de 2005. Utilizou-se a câmara de nebulização para enraizamento de miniestacas e casa de vegetação para crescimento das plantas.

A matéria-prima dos substratos teve como base serragens coletadas em dois locais: municípios de Una e Camacan no estado da Bahia, que receberam as denominações de SU e SC, respectivamente. Considerando breve diálogo com moradores dos municípios e o aspecto visual no momento da coleta, essas serragens eram originárias de diferentes espécies da mata Atlântica e diferiam apenas em coloração, sendo a SU vermelha e a SC marrom.

As serragens sofreram processo de compostagem natural durante pelo menos 5 anos e encontravam-se em forma de grandes montes ao ar livre. A areia foi coletada em fundo de rio e na análise física apresentou 86% de areia grossa; 10% de areia fina; 4% de argila e densidade de partículas de 2600 kg m^{-3} .

Para retirar a fração grosseira dos materiais, tanto a areia quanto as serragens foram inicialmente passadas em peneira de malha de 6 mm. Em seguida foram lavadas com água destilada para a retirada de sais solúveis na areia e tanino na serragem e posteriormente secas à sombra.

O experimento foi constituído por fatorial $2 \times 4 \times 2$. Os tratamentos foram formados pela origem das serragens (SU e SC), quatro proporções (v:v) de serragem:areia: 1:0; 8:1; 4:1 ; 2:1 e dois recipientes de crescimento (tubetes de 288 cm^3 e sacos de polietileno de 840 cm^3). O delineamento foi em blocos casualizados, com

três repetições e três plantas por parcela, sendo colocada uma planta (miniestaca enraizada) por recipiente.

Inicialmente, os substratos foram caracterizados quanto à granulometria em peneiras de 0,25; 0,50; 1,0; 2,0 e 4,0 mm e determinadas as densidades úmida (DU) e seca (DS) segundo HOFFMAN, descrito por FERMINO (1996), a densidade de partículas (DP), o teor de matéria orgânica (MO) segundo ANSORENA (1994) e a porosidade total (PT) conforme DE BOODT & VERDONCK (1972).

Para a produção das mudas foram usadas miniestacas de ramos plagiotrópicos, do clone Trinidad Select Hybrid (TSH 1188). As plantas matrizes encontravam-se em viveiro telado, vegetando numa mistura de fibra de coco e casca de *Pinus* 1:1 (v:v), em sacos de polietileno de 22 dm³.

As miniestacas foram retiradas da ponta dos ramos das plantas matrizes e tiveram comprimento variando de 4 a 6 cm. A base da miniestaca foi cortada transversalmente 2 mm abaixo de uma gema foliar e em seguida a primeira folha da base para o ápice foi reduzida à metade e as demais em 20% do tamanho original.

As miniestacas foram inicialmente tratadas na base com ácido indol-butírico (AIB) misturado em talco 6000 mg kg⁻¹ e em seguida, inseridas nos tubetes a 1,5 cm de profundidade nos devidos tratamentos. Para manter a atmosfera saturada a 100% de umidade relativa na superfície da folha, as miniestacas foram submetidas à nebulização por 15 segundos a cada 5 minutos entre as 6 e 18 horas e 15 segundos a cada hora das 18 às 6 horas do dia seguinte.

Quando se verificou a presença de raízes primárias e o início das primeiras brotações, o que ocorreu aproximadamente aos quarenta dias, as miniestacas foram retiradas da câmara de nebulização e transferidas para crescimento em casa de vegetação, onde parte foi mantida nos respectivos tubetes e outra transplantada em sacos de polietileno de 840 cm³, preenchidos com os mesmos substratos.

As aplicações de fertilizantes foram realizadas de acordo com MARROCOS & SODRÉ (2004). Na primeira semana do período de crescimento, foram aplicados na superfície dos tubetes e sacos 2,0 g dm⁻³ do fertilizante de liberação lenta (3-5 meses) Osmocote® (22% N - 4 %P₂O₅ - 8% K₂O) e 1,0 g dm⁻³ do fertilizante solúvel PG Mix

14% N -18% P₂O₅ - 18% K₂O + micronutrientes. Durante o crescimento, as mudas receberam diariamente irrigações por micro aspersão com duração de três minutos a cada três horas.

Após cinco meses de permanência das mudas em casa de vegetação, avaliaram-se: altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR), número de folhas (NF) e área foliar (AF). Os dados foram submetidos à análise de variância, usando-se o programa SAS® (SAS, 1989) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Análises físicas dos substratos

A distribuição do tamanho das partículas dos substratos variou com a origem da serragem e a proporção de areia (Tabela 1). A adição de areia à serragem do município de Una (SU) aumentou a porcentagem em massa de partículas de diâmetro entre 2-0,5 mm. Para os demais diâmetros, a adição de areia reduziu a porcentagem em massa.

As serragens apresentaram maior porcentagem em massa para o diâmetro 1-0,5 mm seguido de 0,5-0,25 mm. Contudo, os resultados obtidos para a serragem do município de Camacan (SC) não apresentaram o mesmo padrão daqueles da SU. A diferença observada entre as serragens discorda do conceito elaborado por LOURES (1983), que classifica a serragem como material uniforme e homogêneo.

Tabela 1. Distribuição do tamanho de partículas de substratos à base de serragem e areia usados no enraizamento e crescimento de mudas de cacaueteiro.

Origem da serragem ¹	Proporção Serragem areia (v:v)	Classes de diâmetro das partículas (mm)					
		>4	4-2	2-1	1-0,5	0,5- 0,25	< 0,25
		% em massa					
SU	1:0	0,9	4,2	8,6	33,8	30,3	22,2
	8:1	0,7	4,1	12,9	43,6	27,9	10,8
	4:1	0,3	3,5	12,0	46,4	28,8	9,0
	2:1	0,3	1,3	11,8	47,7	30,0	8,9
SC	1:0	0,3	3,7	10,9	40,2	25,6	19,3
	8:1	1,2	8,4	13,8	46,5	21,2	8,9
	4:1	0,8	2,4	11,3	44,9	28,5	12,1
	2:1	0,6	1,6	10,4	49,4	27,4	10,6

¹ Local de origem das serragens municípios: Una (SU) e Camacan (SC).

A SU na proporção serragem:areia 1:0 apresentou maior percentual (22,2%) da fração menor que 0,25 mm (Tabela 1). Essa característica classifica a SU 1:0 como substrato que apresenta alta porcentagem de partículas finas e que, segundo FERNANDES (2005), tende a aumentar a retenção de água, diminuindo a disponibilidade para as plantas. Outra consequência é a diminuição na aeração. BURÉS (1997) ressaltou que o principal problema do uso da serragem com elevada quantidade de partículas finas é o risco de compactação que reduz a aeração, podendo ocorrer processos anaeróbios de fermentação, gerando ácidos orgânicos que interferem no crescimento de raízes.

Outras características dos substratos são apresentadas na Tabela 2. Observa-se que a DU, DS e DP aumentaram com adição de areia. Resultados de aumento de densidade em substratos à base de turfa e cascas de amendoim, pela adição de areia, foram respectivamente citados por MARTINEZ (2002) e encontrados por FERNANDES (2005).

O teor de matéria orgânica (MO) e a porosidade total (PT) foram reduzidos pela adição de areia. Resultados semelhantes foram verificados por BUNT (1983) e HANDRECK (1983) em substratos à base de turfa e casca de *Pinus*. A redução da porosidade pela adição de areia ocorre, segundo BURÉS (1997), porque a porosidade de substratos depende mais do estado de empacotamento das partículas, que resulta do tamanho dessas e de como se encontram distribuídas, do que da granulometria individual de cada componente do substrato.

Tabela 2. Características¹ de substratos à base de serragem e areia usados no enraizamento e crescimento de mudas de cacaueteiro.

Origem da serragem ²	Proporção Serragem Areia (v:v)	DU kg m ⁻³	DS kg m ⁻³	MO g kg ⁻¹	DP kg m ⁻³	PT m ³ m ⁻³
SU	1:0	730	240	888	1360	0,83
	8:1	780	360	499	1880	0,83
	4:1	870	460	340	2160	0,72
	2:1	990	650	101	2500	0,74
SC	1:0	550	210	706	1360	0,93
	8:1	670	280	537	1870	0,84
	4:1	800	430	295	2220	0,83
	2:1	920	620	181	2390	0,77

¹DU: Densidade úmida; DS: Densidade seca; MO: Matéria orgânica; DP: Densidade de partícula; PT: Porosidade total.² Local de origem das serragens, municípios: Una (SU) e Camacan (SC).

Características do crescimento das mudas

Por se tratar de experimento com três fatores (local de origem da serragem, recipiente e proporção de areia), optou-se por apresentar os resultados da análise da variância e discutir as interações significativas que são mais relevantes que os efeitos principais. Verificaram-se interações entre a origem da serragem e o tipo de recipiente, proporção de areia e recipiente e também interação tripla para o diâmetro do caule (DC) entre serragem, areia e recipiente (Tabela 3).

Tabela 3. Valores dos quadrados médios obtidos na análise de variância para efeito de dois locais de origem de serragem¹, dois recipientes² e quatro proporções de serragem: areia³, utilizados no crescimento de mudas de cacaueteiro⁴.

Quadrados Médios								
Causas da variação	GL	AP	DC	MSPA	MSR	AF	NF	AF/NF
Blocos	2	1,010 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,075 ^{ns}	0,037 ^{ns}	1.527,918 ^{ns}	1,538 ^{ns}	82,009 ^{ns}
Origem da serragem (O)	1	235,021***	1,803***	5,867***	0,018 ^{ns}	288.216,6***	26.462**	556,557***
Areia (A)	3	31,516 *	0,406***	0,507*	0,016 ^{ns}	17.491,015 ^{ns}	1,171 ^{ns}	88,134 ^{ns}
Recipiente (R)	1	2.316,60***	22,53***	47,85***	1,136***	3.868.147,2**	296,697**	14.592,1**
O x A	3	23,510 ^{ns}	0,159 ^{ns}	0,366 ^{ns}	0,050 ^{ns}	19.930,702 ^{ns}	1,242 ^{ns}	105,373 ^{ns}
O x R	1	9,268 ^{ns}	1,439 **	1,162***	0,055 ^{ns}	37.207,134 ^{ns}	1,811 ^{ns}	43,001 ^{ns}
A x R	3	8,932 ^{ns}	0,340 *	0,178 ^{ns}	0,031 ^{ns}	5.334,032 ^{ns}	2,662 ^{ns}	18,402 ^{ns}
O x A x R	3	2,164 ^{ns}	0,651***	0,377 ^{ns}	0,045 ^{ns}	4.799,872 ^{ns}	2,496 ^{ns}	46,515 ^{ns}
Resíduo	32	9,016	0,0861	0,162	0,020	15.075,310	2,471	35,315
CV (%)		15,0	7,4	19,6	28,1	23,7	19,0	11,0

¹ Local de origem das serragens, municípios: Una (SU) e Camacan (SC). ² Recipientes: saco de polietileno de 840 cm³ e tubete de 288 cm³. ³ Proporções serragem e areia: 1:0, 8:1, 4:1 e 2:1 (v/v). ⁴ Altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR), área foliar (AF), número de folhas (NF) e relação (AF/NF). ns: não significativo a 5%. *, **, ***: significativos a 5,0 ; 1,0 e 0,1% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Verificou-se, independente da origem da serragem, que o diâmetro do caule (DC) e a MSPA das plantas crescidas em sacos foi superior aos tubetes. Para as plantas crescidas em tubetes não houve diferença significativa para o DC e MSPA em resposta à serragem utilizada. No entanto, o crescimento das plantas em sacos de polietileno foi superior para SU quando comparado à SC (Tabela 4).

Resultados semelhantes, em experimento com recipientes, foram encontrados por MENDONÇA et al. (2003) na cultura de mamoeiro. Esses autores verificaram aumentos significativos na MSPA de mudas crescidas em sacos de 0,75 dm³, quando comparado a tubetes de 0,05 dm³ e também atribuíram a menor resposta das plantas crescidas em tubetes à limitação por nutrientes.

Alterações na capacidade de recipiente podem, segundo WHITE & MASTALERZ (1966), alterar o gradiente de distribuição de umidade e aeração, determinando crescimento diferenciado das plantas. Assim, no presente trabalho, os diferentes volumes de substrato disponíveis para as plantas possivelmente determinaram diferentes capacidades de recipiente, o que explicaria a superioridade das plantas crescidas em sacos de polietileno.

Tabela 4. Valores do diâmetro do caule (DC) e massa seca de parte aérea (MSPA) de mudas de cacauzeiro crescidas em serragens de duas origens e dois tipos de recipiente.

Origem da serragem ²	DC		MSPA	
	Tubete	Saco	Tubete	Saco
	----- cm -----		----- g -----	
SU	0,32 ⁽¹⁾ aB	0,50 aA	1,19 aB	3,59 aA
SC	0,32 aB	0,42 bA	0,92 aB	2,54 bA

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

²Local de origem das serragens, municípios: Una (SU) e Camacan (SC).

Quando se analisou a proporção de areia para cada tipo de recipiente, verificaram-se diferenças para o DC das plantas transplantadas para sacos (Tabela 5). Verificou-se também que a redução da porosidade total pela adição de areia (Tabela 2), não interferiu no DC das plantas, que foi significativamente superior na proporção serragem:areia 2:1 e 4:1 em relação a 1:0, respectivamente para tubetes e sacos (Tabela 5). Esse resultado é contrário ao esperado para um adequado meio de cultivo, segundo DE BOODT & VERDONCK (1972), os quais recomendam que seja superior a $0,85 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Contudo, FERMINO (2002) e MARTINEZ (2002) relataram que misturas com areia de maior granulometria em maiores ou menores proporções não melhoram a aeração ou a porosidade de substratos. Por outro lado, FONTENO et al. (1981) e DRZAL et al. (1999) verificaram que a porosidade e o espaço de aeração são fortemente alterados pelo modo de enchimento do recipiente, transporte e acomodação dos substratos. Assim, valores encontrados antes do enchimento dos recipientes neste trabalho foram possivelmente alterados durante o cultivo, fazendo com que plantas crescendo em substratos com porosidade inicial baixa apresentassem crescimento superior àquelas com maior porosidade.

Tabela 5. Valores do diâmetro do caule de mudas de cacauero crescidas em tubetes e sacos em substrato composto de quatro proporções de serragem e areia.

Proporção serragem:areia (v:v)	Tubete		Saco
	-----cm-----		
1:0	0,29 ⁽¹⁾	bB	0,45 bA
8:1	0,32	abB	0,44 bA
4:1	0,33	abB	0,50 aA
2:1	0,35	aB	0,45 bA

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando o efeito da proporção de areia na origem da serragem, o DC das plantas crescidas na SU com proporção de 4:1 foi superior a 1:0 e 8:1 e não diferiu

estatisticamente da 2:1. Foi também observado que diferenças entre as serragens ocorreram com o aumento da proporção de areia (Tabela 6).

O alto percentual da fração menor que 0,25 mm, destacadamente na SU 1:0 (Tabela 1), pode ter contribuído para aumentar o empacotamento desse substrato, devido ao preenchimento dos espaços vazios, reduzindo a aeração e, conseqüentemente, influenciando no crescimento do DC. Estas observações estão de acordo com os relatos de MOURÃO FILHO et al. (1998), que também verificaram aumentos significativos em altura e diâmetro de porta-enxerto de Citrumeleiro “Swingle”, usando substrato composto de terra, raspa de madeira, esterco bovino e areia na proporção de 25% para cada componente em relação ao tratamento 100% terra.

Tabela 6. Valores do diâmetro do caule de mudas de cacaueteiro crescidas em serragens de duas origens e quatro proporções de serragem e areia.

Proporção serragem:areia (v:v)	SU ²		SC
	DC -----cm-----		
1:0	0,38 ⁽¹⁾	bA	0,36 aA
8:1	0,39	bA	0,37 aA
4:1	0,44	aA	0,38 aB
2:1	0,42	abA	0,38 aB

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

²Local de origem das serragens: Município Una (SU) e Camacan (SC).

Devido a não ocorrência de diferenças significativas no DC das plantas crescidas na SU nas proporções 4:1 e 2:1 (Tabela 6), a proporção 4:1, por ser mais leve, apresenta-se como a melhor opção para otimizar o uso desta serragem. Isso porque o peso dificulta o manuseio das mudas, especialmente quando transportadas por homens ou animais para o local de plantio, prática comum na região cacaueteira do estado da Bahia. Essa observação é corroborada por MARTINEZ (2002), que relata ser o peso a principal limitação para uso e transporte de substratos que contenham areia.

Conclusões

O transplante de miniestacas enraizadas de cacauero, clone TSH 1188, para sacos com substrato preparado com serragem coletada no município de Una-BA, nas proporções serragem:areia 4:1 e 2:1, possibilitou maior crescimento das plantas, sendo portanto recomendado para produção de mudas.

Referências

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

BOOMAN, J. Evolution of California substrates used in ornamental horticulture. In: Kämpf, A.N.; Fermino, M.H. (Ed.). *Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 23-42.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. *Elements of the nature and properties of soils*. 12th ed. New Jersey: Prentice–Hall, 2000. 559 p.

BUNT, A. C. Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 150, p.143-153, 1983.

BURÉS, S. *Sustratos*. Madri: Agrotécnicas, 1997. 342 p.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 26, p.37-44, 1972.

DRZAL, M.S.; CASSEL,D.K.; FONTENO,W.C. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n.481, v. 1, p. 43-53, 1999.

FERMINO, M.H. *Aproveitamento de Resíduos Industriais e Agrícolas como Alternativas de Substratos Hortícolas*. 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FERMINO, M.H. Uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes de substratos. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M.F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p.29-37. (Documento IAC, 70).

FONTENO, W.C.; CASSEL, D.K.; LARSON, R.A. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. *Journal of American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.106, n. 6, p.736-741, 1981.

FERNANDES, C. *Produtividade e qualidade dos frutos do tomateiro do grupo cereja cultivado em substratos à base de areia*. 2005. 85f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

FOWLER, R. L. *Propagação de cacau por meio de estacas*. Escritório Técnico de Agricultura – ETA, [S.l.]: 1955. (Avulso IL. n. 3). Folder.

HANDRECK, K. A. Particle-size and the physical-properties of growing media from containers. *Communications in soil science and plant analysis*, New York, v. 14, n. 3, p. 209 – 222, 1983.

LOURES, E. G. *Produção de composto no meio rural*. Viçosa: UFV, 1983. 12p. (Informe Técnico, 17).

MARROCOS, P.C.L.; SODRÉ, G.A. Sistema de Produção de mudas de cacauzeiros. In: BARBOSA, J.G.; PRIETO MARTINEZ, H, E; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. (Ed.). *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 283-311.

MARTINEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M.F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. (Coord.). *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p.53-76. (Documento IAC, 70).

MENDONÇA, V.; ARAÚJO NETO, S.E.; RAMOS, J.D.; PIO, R.; GONTIJO, T.C.A. Diferentes substratos e recipientes na formação de mudas de mamoeiro "Sunrise Solo". *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 25, n.1, p.127-130, 2003.

MOURÃO, F.A.A.; DIAS, C.T.S.; SALIBE, A.A. Efeito da composição do substrato na formação de mudas de laranjeira 'Pera'. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 55, n.1, p. 35-42, 1998.

PEREIRA, J.L.; RAM, A.; FIGUEIREDO, J.M.; ALMEIDA, L.C. Primeira ocorrência de vassoura-de-bruxa na principal região produtora de cacau da Brasil. *Agrotrópica*, Ilhéus, v.1, n.1, p.79-81, 1989.

PYKE, E. E. The vegetative propagation of *Theobroma cacao* by softwood cuttings. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.8, n.9, p. 249, 1931.

SAS INSTITUTE. *SAS/STAT user's guide*: version 6.4. Cary, 1989. v.2, 1686 p.

WHITE, J.W.; MASTALERZ, J.W. Soil moisture as related to "Container Capacity" *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, Beltsville, v. 89, n.1, p. 758-765, 1966.

CAPÍTULO 7 - IMPLICAÇÕES

Nos últimos anos a moagem brasileira de amêndoas de cacau tem suprido apenas 70% da demanda das indústrias brasileiras. No ano agrícola 2006/2007, a produção nacional não ultrapassou 160.000 t. Até o ano de 2013 haverá necessidade de incremento anual da produção de amêndoas da ordem de 15.000 t ano⁻¹, atingindo assim a quantidade prontamente disponível para a moagem, próxima a 240.000 t.

O desafio para fazer o Brasil retornar à condição de país auto-suficiente na produção de amêndoas de cacau passa pela adoção de tecnologia, especialmente no que se refere ao controle de pragas. Nesse contexto, serão necessários investimentos em diferentes campos da ciência agrônômica, com destaque para a produção em larga escala de mudas clonais de material genético resistente a doenças.

A Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - Ceplac e a Universidade Estadual de Santa Cruz - Uesc, como atuais gestoras públicas do programa de aprimoramento de produção de mudas clonais de cacaueiros, poderão desenvolver novas parcerias para fortalecer os seus grupos de pesquisas, objetivando transformar a região num centro de referência na produção de mudas clonais e de substratos produzidos com uso de resíduos regionais. Adicionalmente, essas instituições funcionarão como centro de atração de recursos para pesquisa e pós-graduação nessas áreas.

Para a multiplicação vegetativa dos atuais e novos clones de cacaueiro, esse trabalho demonstrou que a utilização de substratos melhora a eficiência na produção das mudas e que o uso de resíduos regionais misturados entre si e com outros de outras regiões reduzirá os custos com a compra desse insumo. Entretanto, também indicou que para efetivamente incrementar o uso de substratos oriundos de resíduos regionais será necessário investir em tecnologia para a padronização das características físicas, químicas e em processos de lavagem e/ou compostagem antes do uso.

O composto do tegumento da amêndoa do cacau é um resíduo da indústria de moagem que apresenta como principal vantagem a oferta em grandes quantidades e em forma relativamente homogênea. Esse resíduo apresentou potencial para utilização como substrato, contudo, exige prévia compostagem e pré-lavagem e não se recomenda o uso puro, mas em forma de mistura com outros substratos.

A serragem de madeira, ainda que seja um material de baixo custo, origem regional e com ótimas características para uso como substrato, tem disponibilidade finita e encontra-se dispersa em diferentes localidades na região cacauceira. A serragem muitas vezes encontra-se armazenada em locais de difícil acesso e em algumas situações com problemas de contaminação por fungos e ou componentes fitotóxicos (tanino), exigindo pré-lavagem antes do uso para a produção das mudas.

Métodos rápidos usados para monitorar a qualidade de substratos, como a centrifugação, para retenção de água, e o método “Pour Thru”, para salinidade, poderão ser usados na rotina de empresas produtoras de mudas de cacauceiros e com isso auxiliar na melhoria da qualidade das mudas.

A substituição de estacas de 16 cm (estaquia convencional), que é o padrão atualmente adotado, por miniestacas de 4 a 6 cm, para a produção de mudas de cacauceiro, tem a vantagem de utilizar material herbáceo com intensa atividade meristemática e com isso elevar os níveis de enraizamento.

Na medida em que estacas de menor tamanho aumentam o rendimento por planta matriz, o uso de miniestacas significa menores custos. Por outro lado, quando coletadas em jardins clonais que podem ser mantidos em viveiros, nos quais as plantas recebem manejo nutricional e sanitário adequado, melhora-se a qualidade das mudas produzidas.

A adoção da técnica de jardim clonal em viveiro, como o que foi usado nesse trabalho, permite reduzir o tamanho do atual banco de germoplasma de empresas como o Instituto Biofábrica de Cacau (IBC) unidade produtora de mudas clonais localizada no estado da Bahia. No caso do IBC o germoplasma totalmente encontra-se instalado em campo, utiliza 120 ha de área total e algumas áreas estão distantes do local de enraizamento em até 80 km. Na substituição por um banco de germoplasma

em condições de viveiro telado, em apenas 10 ha será possível suprir a mesma quantidade de material para produção de até 2,5 milhões de mudas por ano. A isso devem ser somados os ganhos com a qualidade da estaca e custos de transporte para a casa de estaqueamento.

Na logística da produção das mudas clonais, a miniestaquia, além de aumentar os níveis de enraizamento das plantas, permite, por exemplo, que seja feito o pré enraizamento em câmaras de nebulização e transferências após 40 a 60 dias para os tubetes.

Com a adoção da tecnologia de miniestacas pré-enraizadas, estar-se-ia reduzindo consideravelmente as perdas de substratos que hoje ocorrem no IBC, em clones de difícil enraizamento. É conveniente destacar que a miniestaquia melhora os protocolos de enraizamento que atualmente elevam custos de produção das mudas pela impossibilidade de reaproveitamento dos substratos.

Para cumprir a legislação brasileira no que se refere à produção de mudas de cacaueteiro, a miniestaquia, por permitir a produção de mudas mais padronizadas, permitirá que viveiristas possam obter com mais facilidade a certificação dos seus viveiros, seguindo normas estabelecidas por agências fiscalizadoras.

Na montagem de ensaios de pesquisa com mudas clonais produzidas por estaquia convencional, os pesquisadores têm encontrado dificuldades em obter lotes de plantas com uniformidade em número de folhas, idade e origem das estacas e das plantas matrizes. Isso conduz à necessidade de aumentar o número de repetições em experimentos para reduzir o erro decorrente dessa falta de padronização. Nesse contexto, outra vantagem do uso de miniestacas é a possibilidade de montar experimentos com mudas em condições mais homogêneas. Essa padronização permite que erros experimentais decorrentes de diferenças no tamanho inicial de estacas, nutrição das matrizes e área foliar da mudas sejam minimizados.

O potencial regional para a produção de mudas clonais de cacaueteiros pode ser um atrativo para novos viveiristas. Esses empreendimentos exigirão tecnologias de produção cada vez mais eficientes para que se produzam mudas com qualidade.

Dentre os novos desafios da produção clonal de mudas de cacauzeiros destacam-se as mudas originadas de ramos ortotrópicos e a produção de miniestacas em bandejas de isopor de 144 células, para serem comercializadas com 50 dias de idade e transplantadas em sacos de polietileno na propriedade rural.

Esse trabalho também demonstrou ser possível produzir muda de cacauzeiro em sacos de maior volume para atendimento de demandas como “mudão de 1 ano e meio”, que poderão ser vendidas com a primeira poda já efetuada. Esse último tipo de muda seria adequado para o adensamento de áreas que foram previamente clonadas pelo método de enxertia em brotos basais.