

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

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DE
TUBETES DE PLÁSTICO POR TUBETES BIODEGRADÁVEIS NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE AROEIRA – *Schinus terebinthifolius* Raddi**

Ricardo Antonioli Iatauro

Dissertação apresentada a
Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP –
Campus Botucatu, para a
obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Energia na
Agricultura).

Botucatu
Setembro – 2004

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

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DE
TUBETES DE PLÁSTICO POR TUBETES BIODEGRADÁVEIS NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE AROEIRA – *Schinus terebinthifolius* Raddi**

RICARDO ANTONIOLLI IATAURO

Orientadora: **Profa. Dra. Marney Pascoli Cereda**

Dissertação apresentada a
Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP –
Campus Botucatu, para a
obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Energia na
Agricultura).

Botucatu
Setembro – 2004

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

Iatauro, Ricardo Antonioli, 1975-
Ia11a Avaliação energética e econômica da substituição de
tubetes de plástico por tubetes biodegradáveis na produção
de mudas de aroeira - *Schinus terebinthifolius* Raddi /
Ricardo Antonioli Iatauro. -- Botucatu, [s.n.], 2004.
xii, 59 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas.
Orientadora: Marney Pascoli Cereda.
Inclui bibliografia.

1. Embalagem biodegradável. 2. Crescimento (Plantas).
3. Aroeira branca. 4. Resistência de materiais. I. Cereda,
Marney Pascoli. II. Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu).
Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

Palavras-chave: Análise de crescimento; Embalagem
biodegradável; Resistência de materiais; Aroeira.

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

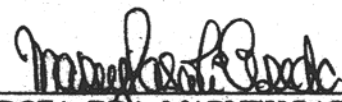
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DE
TUBETES DE PLÁSTICO POR TUBETES BIODEGRADÁVEIS NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE AROEIRA – *Schinus terebinthifolius* Raddi"**

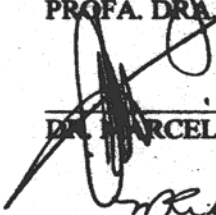
ALUNO: RICARDO ANTONIOLLI IATAURO

ORIENTADORA: PROFA. DRA. MARNEY PASCOLI CEREDA

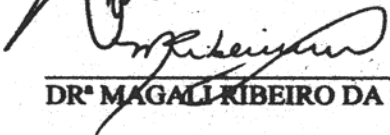
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROFA. DRA. MARNEY PASCOLI CEREDA



DR. MARCELO ÁLVARES DE OLIVEIRA



DR. MAGALI RIBEIRO DA SILVA

Data da Realização: 30 de setembro de 2004.

Daqui a duzentos ou trezentos anos,
ou mesmo mil anos - não se trata de exatidão -
haverá uma nova vida.

Nova e feliz.

Não tomaremos parte nessa vida,
é verdade ... Mas é para ela
que estamos vivendo hoje.

É para ela que trabalhamos e,
se bem que soframos,
nós a criamos.

E nisso está o objetivo
de nossa existência aqui.

TCHECOV (☆1860 †1904)

AGRADECIMENTOS

Ao CERAT, que me iniciou no campo da pesquisa, ainda como graduando, dando possibilidade de aplicar o conhecimento adquirido e alcançar o grau em que estou hoje;

A Profa. Dra. Marney Pascoli Cereda que abriu as portas do CERAT e, acima de tudo, com seriedade e profissionalismo me orientou durante este anos;

À toda equipe de pesquisadores, técnicos e funcionários do CERAT, em especial ao Prof. Dr. Cláudio Cabello por continuar a disponibilizar as dependências deste centro e, aos Profs. Drs. Marcelo Alvares Oliveira e Magali Leonel por estarem sempre prontos a esclarecimentos nos momentos dúvidas;

Ao Prof. Dr. Zaccarias Xavier de Barros, coordenador deste programa de pós-graduação, pela prestatividade, dinamismo, profissionalismo e compromisso com os pós-graduandos, dignos de modelo à todos os demais docentes;

Aos técnicos dos Departamentos de Recursos Naturais setor de Ciências do Solo, setor de Ciências Ambientais e, principalmente setor de Ciências Florestais pelo grande suporte fornecido na principal fase da pesquisa;

Aos responsáveis pelos Departamentos de Horticultura, Produção Vegetal e Engenharia Rural por disponibilizar alguns equipamentos quando necessário;

À Profa. Dra. Magali Ribeiro da Silva, responsável pelo viveiro de mudas do Departamento de Recursos Naturais, setor de Ciências Florestais, cuja ajuda prestada viabilizou a execução desta pesquisa;

Ao Prof. Dr. José Matheus Y. Perosa pela orientação na etapa de cálculos energéticos e econômicos da pesquisa;

Às funcionárias da Seção de Pós-graduação em Agronomia, pelo atendimento sempre cordial;

Ao SEMPRE AMIGO, Marcelo Moressi - "Patá" pela incondicional amizade;

E à DEUS por dar-nos a oportunidade de evoluirmos, com o dom da VIDA.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1. Produção de mudas.....	9
2.2. A Espécie Aroeira – <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.....	10
2.3. Recipiente.....	11
2.4. Caracterização de materiais.....	12
2.5. Análise de crescimento.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Local e época.....	15
3.2. Espécie.....	16
3.3. Estrutura física	16
3.4. Insumos.....	16
3.4.1. Recipientes.....	16
3.4.2. Substrato.....	17
3.5. Caracterização do material dos tubetes biodegradáveis.....	17
3.5.1. Metodologia.....	17
3.5.2. Corpos de prova.....	18
3.5.2.1. Confecção dos corpos de prova.....	18
3.5.2.2. Teste de impacto.....	19
3.5.2.3. Teste de tração paralela.....	20
3.5.2.4. Teste de flexão.....	21
3.6. Planejamento.....	21
3.7. Sistema de produção de mudas.....	22
3.7.1. Enchimento dos tubetes.....	22
3.7.2. Semeadura.....	22
3.7.3. Raleamento.....	23

3.7.4. Fertirrigação.....	23
3.7.5. Plantio.....	23
3.8. Avaliações.....	23
3.8.1. Características morfológicas das mudas.....	24
3.8.2. Análise de crescimento.....	24
3.8.3. Percentagem de germinação e de tubetes com mudas.....	25
3.8.4. Sobrevivência das mudas pós-plantio.....	25
3.8.5. Análise química.....	25
3.8.6. Avaliação econômica.....	26
3.9. Delineamento estatístico.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1. Caracterização do material dos tubetes biodegradáveis.....	27
4.1.1. Teste de impacto.....	27
4.1.2. Teste de tração paralela.....	28
4.1.3. Teste de flexão.....	30
4.2. Percentagem de germinação e de tubetes com mudas.....	32
4.3. Sobrevivência das mudas pós-plantio.....	32
4.4. Análise de crescimento	32
4.4.1. Taxa de crescimento absoluto.....	32
4.4.2. Taxa de crescimento relativo.....	34
4.4.3. Taxa de assimilação líquida e razão de área foliar.....	35
4.4.4. Peso específico da folha, área foliar específica, razão de peso da folha e distribuição de massa seca das mudas dos tubetes biodegradáveis e de plástico.....	37
4.4.5. Altura da parte aérea, diâmetro do colo e comprimento do sistema radicular.....	41
4.5. Análise química dos tubetes biodegradáveis e do substrato.....	45
4.6. Avaliação econômica.....	47
4.6.1. Custo operacional do sistema de produção de mudas.....	47
4.6.2. Simulação de produção.....	50

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	52
5.1. Caracterização do material dos tubetes biodegradáveis.....	52
5.2. Análise de crescimento.....	53
5.3. Custos de produção.....	53
6. CONCLUSÕES.....	55
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

LISTA DE TABELAS

		Página
1	Resistência à ruptura por impacto em aparelho de ensaios de impacto – marca Tinus Olsen – modelo 892.....	28
2	Resistência à ruptura por impacto em diversos materiais em corpos de prova com entalhe.....	28
3	Média geral da taxa de crescimento absoluto das mudas nos dois tipos de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.....	33
4	Média geral da taxa de crescimento relativo das mudas nos dois tipos de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.....	35
5	Média geral da taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida e razão de área foliar das mudas nos dois tipos de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.....	37
6	Médias do comprimento dos sistema radicular das mudas de aroeira nos dois tipos de tubetes nas últimas datas após o plantio. Teste Tukey.....	44
7	Análise química dos tubetes biodegradáveis antes e depois de serem utilizados na fase de viveiro (treze semanas após o raleamento) e do substrato antes do uso.....	45
8	Comparação do custo operacional da produção de 1000 mudas de aroeira, com tubetes biodegradáveis e de plástico.....	48
9	Simulação comparativa da produção de 250.000 mudas de aroeira em tubetes biodegradáveis e tubetes de plástico.....	50

LISTA DE QUADROS

	Página
1 Dimensões dos moldes dos corpos de prova em milímetros.....	18

EQUAÇÕES

	Página
1 Fotossíntese líquida.....	13

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Aparelho de ensaios de impacto –marca Tinus Olsen – modelo 892	20
2	Aparelho de ensaios de tração paralela – DL 10000 da marca Emic.....	20
3	Aparelho de ensaios de flexão – DL 10000 da marca Emic	21
4 A	Variação da tensão, tensão máxima e momento de ruptura dos corpos de prova em ensaio de tração paralela. Aparelho de ensaios DL 10000 da marca Emic.....	29
4 B	Continuação dos resultados da Figura 4 A.....	30
5 A	Variação da força, força máxima e momento de ruptura dos corpos de prova em ensaio de flexão. Aparelho de ensaios DL 10000 da marca Emic.....	31
5 B	Continuação dos resultados da Figura 5 A.....	31
6	Médias das taxas de crescimento absoluto das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.....	33
7	Médias das taxas de crescimento relativo das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.....	34
8	Médias das taxas de assimilação líquida das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.....	35
9	Médias das razões de área foliar das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.....	36
10	Médias do peso específico da folha das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.....	38
11	Médias da distribuição de massa seca das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.....	39
12	Médias da área foliar específica das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.....	40

13	Médias da razão entre peso da folha e peso total das mudas nos dois tipos de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.....	40
14	Distribuição da percentagem das médias de massa seca nas mudas dos tubetes biodegradáveis e tubetes de plástico, ao longo das treze semanas após o raleamento.....	41
15	Médias das alturas das mudas nos dois tipos de tubetes ao longo das treze semanas após o raleamento.....	42
16	Médias dos diâmetros dos colos das mudas nos dois tipos de tubetes ao longo das treze semanas após o raleamento.....	43
17	Médias dos comprimentos dos sistemas radiculares das mudas nos dois tipos de tubetes ao longo das treze semanas após o raleamento.....	44

RESUMO

Os tubetes ou células de germinação disponíveis hoje no mercado são de derivados do petróleo como o polietileno e o poliestireno tipo isopor, um recurso não renovável. Focalizando o mercado de produtos alternativos, anteriores pesquisas com subprodutos e resíduos agroindustriais resultaram em um material biodegradável com o qual foi possível confeccionar tubetes com volume reduzido (26 cm^3) em relação aos convencionais (55 cm^3). O objetivo do trabalho foi avaliar os tubetes biodegradáveis comparando-os com tubetes de polietileno através do sistema de produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), utilizando-se análise clássica de crescimento, porcentagem de germinação e sobrevivência das mudas e custo de produção operacional da fase de crescimento das mudas. Para estabelecer as comparações os tubetes biodegradáveis e seu material foram caracterizados quimicamente e, mecanicamente por ensaios de resistência à ruptura de corpos de prova por impacto, tração paralela e flexão. No viveiro estabeleceu-se o uso de 230 tubetes biodegradáveis e 230 de plástico, divididos em dois lotes: 1) Não Destrutivo: 40 tubetes biodegradáveis e 40 de plástico. 2) Destrutivo: 190 tubetes biodegradáveis e 190 de plástico.

A análise química dos tubetes biodegradáveis antes do uso, após a fase de crescimento e do substrato mostrou a lixiviação de minerais, pois o material dos tubetes é

poroso permitindo a adsorção de água juntamente com seus minerais dissolvidos. Verificou-se também redução de Carbono e Matéria Orgânica nos tubetes biodegradáveis evidenciando, já na fase de crescimento, biodegradação. Os testes de resistência mecânica dos corpos de prova do material dos tubetes biodegradáveis permitiram estabelecer que a técnica de manuseio mais apropriada para sua retirada das bandejas foi de "empurrar" (flexão) ao invés "puxar" (tração), resultando em menores perdas e economia na produção, além de possibilitar uma comparação futura deste novo material com os já existentes.

A porcentagem de germinação e de sobrevivência das mudas foi de 100%, em ambos os tubetes. Os resultados da análise de crescimento mostraram que apesar dos tubetes biodegradáveis contarem com a metade do volume dos de plástico, o crescimento do sistema radicular assim como a muda completa não foram afetadas negativamente.

A análise do custo de produção das mudas mostrou uma redução pela metade do volume de substrato utilizado nos tubetes biodegradáveis, além da possibilidade de aumento da produção no mesmo período de tempo, resultado da diminuição do ciclo de permanência no viveiro em 21 dias, possibilitado pelo plantio antecipado das mudas dos tubetes biodegradáveis.

ENERGETIC AND ECONOMIC EVALUATION OF SUBSTITUTION OF PLASTIC POTS WITH BIODEGRADABLE POTS IN *Schinus terebinthifolius* Raddi SEEDLINGS PRODUCTION

Botucatu, 2004, 59p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Ricardo Antonioli Iatauro

Adviser: Marney Pascoli Cereda

SUMMARY

Actually commercial pots or germination cells are composed by polyethylene and polystyrene, non-renewable source. Use of by-products and residues for biodegradable pots production with low volume (26cm³) when compared with traditional pots (55cm³) were made aiming the market of new products. This work had as purpose to compare the seedling aroeira production (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in biodegradable pots and polyethylene pots as support. It was used classic growth analysis, germination and survival seedling percentages and operational production cost of growth phase seedling. The chemical and mechanical characteristics (resistance to rupture for impact, parallel traction and flexion) were analyzed. It was used 230 biodegradable pots and 230 polyethylene pots, divided in two parcels in plant house. 1) Non-destruction parcel: 40 biodegradable pots and 40 polyethylene pots. 2) Destruction parcel: 190 biodegradable pots and 190 polyethylene pots.

The results of chemical analysis showed that occurred mineral substrate lixiviation to pots. Due the porous characteristics of biodegradable pots can be occurred water adsorption and dissolved minerals. It was observed Carbon and Organic Matters decrease in biodegradable pots, which evidence the pots biodegradation in growth phase already.

The results of mechanical test showed that the best result for manual technique is pushing (flexion) instead of pulling (traction). It will also possible compare this biodegradable material with others products.

The germination and survival seedling percentages were 100% in both pots. The growth analysis results showed that lower volume of biodegradable pots did not affect the growing of roots as well as the plant development.

The cost of operational production in seedling growing phase showed a significant decrease (50%) of substratum volume used in biodegradable pots, with the possibility of production increase in the same time period. The premature seedling plantation with using biodegradable pots resulted in decrease of plant house permanence (21 days).

1. INTRODUÇÃO

No mercado atual, nos supermercados e casas de comércio de uma maneira geral, a utilização de recipientes plásticos é feita sem a necessária preocupação com o meio ambiente. No setor agrícola o problema não é diferente, pois na produção de mudas, sejam plantas destinadas ao reflorestamento (nativas ou exóticas) ou ornamentais, são utilizados recipientes não biodegradáveis. Esses recipientes são denominados tubetes e, utilizados diversas vezes para a redução de custos, mas podem ficar na área de plantio, por esquecimento ou desleixo. Também exigem mão-de-obra devido à necessidade de se retirar as mudas no ato do plantio e nas lavagens necessárias, para sua reutilização. Essa mão-de-obra pode ser expressa como um gasto de energia (custo homem/hora).

As pressões ambientais no setor industrial, com a criação de certificado ISO 14.000 e o Selo Verde, prevêm responsabilidade crescente das indústrias, não só quanto ao seu resíduo de processo, como também quanto à disposição final de seu produto. Diante desta realidade, as indústrias têm buscado alternativas para minimização da disposição final de seus produtos que vai desde o controle efetivo de material excedente no processo de fabricação, até reaproveitamento do produto pós-consumo(RIBEIRO, 1998).

Os tubetes ou células de germinação disponíveis hoje no mercado são elaborados com derivados do petróleo tais como o polietileno e o poliestireno expandido

(Isopor, por exemplo), que levam cerca de 400 anos para sua completa degradação. Além disso, como não podem ser transvasados pelas raízes, as mudas devem ser retiradas antes do plantio. A base desses dois produtos é o petróleo, portanto um recurso não renovável e se as fontes de recursos naturais não forem preservadas, sabe-se que haverá escassez nos próximos 30 anos (RIBEIRO, 1998). Em vista disso a sociedade pressiona cada vez mais para que haja uma solução para os problemas nas questões ambientais.

Com a disponibilidade de matérias-primas biodegradáveis, outros fatores podem também ser favorecidos, tais como a redução na importação de matérias-primas, dos custos de produção e a diversificação de produtos desenvolvidos e fabricados com tecnologia nacional.

A região de Botucatu é um importante pólo de produção de madeira e seus derivados, com o plantio de *Pinus* sp e *Eucalyptus* sp. As duas empresas presentes na região são a Eucatex S.A. e a Duratex S.A. Apenas em uma unidade da Duratex S.A. de Lençóis Paulista - SP, onde foi concentrada a totalidade da produção de mudas exóticas para reflorestamento, a capacidade para produzir anualmente é de 18 milhões de mudas.

Além do plantio de espécies exóticas existe a necessidade de plantio de nativas conforme José (2003) que cita Goldemberg (2002). Ambos registram que a demanda por mudas de espécies nativas tem crescido significativamente. Somente no Estado de São Paulo, para a recuperação de suas áreas degradadas, estima-se a necessidade da produção de 2 bilhões de mudas, havendo atualmente uma demanda de 13 milhões de mudas por ano. Por serem destinadas a áreas degradadas, muitas vezes de acesso difícil, o plantio e o pós-plantio são fatores decisivos para o pegamento. Dessa forma, justifica-se a necessidade de estudos com espécies nativas visando uma melhoria no conhecimento, na qualidade e nas técnicas de produção de mudas que irão suprir esta demanda.

Com foco nestes mercados e visando desenvolver materiais ecologicamente mais apropriados, a empresa paulista Natu-Line Ltda investiu em pesquisa e tecnologia, baseando-se estritamente em subprodutos ou até mesmo resíduos de agroindústrias, que são materiais abundantes e baratos. Esses esforços resultaram no desenvolvimento de um tubete biodegradável, que é um recipiente que pode ser plantado no solo juntamente com a muda.

Segundo Iatauro (2001), os tubetes elaborados com material biodegradável apresentam diversos pontos favoráveis. Em primeiro lugar é possível diferenciar o recipiente pela possibilidade de incorporação de adubo e/ou fitorreguladores na formulação, com ajustes de acordo com a espécie ou variedade de planta a ser cultivada. Também é possível a introdução de fungicidas e/ou bactericidas controlando ataques de patógenos que podem aumentar as perdas no viveiro. A principal vantagem no entanto poderá ser o melhor e mais rápido desenvolvimento das mudas no campo pelo menor estresse no momento do plantio, com a manutenção da integridade das raízes. Como o material é composto de fibras orgânicas com certa porosidade, as raízes podem ultrapassar as paredes dos mesmos, não se restringindo ao interior do tubete.

Caso comprovada sua viabilidade, os tubetes biodegradáveis podem proporcionar economia energética na área do viveiro de produção de mudas, pois não havendo necessidade da retirada das mudas dos tubetes, pode haver redução de mão-de-obra que pode refletir em maior quantidade de mudas plantadas.

Ainda no viveiro o tempo de permanência das mudas poderá ser reduzido pois, sendo os recipientes plantáveis, estas se tornam um invólucro protetor das raízes possibilitando um plantio precoce, aumentando a capacidade produtiva do viveiro.

Existe ainda outro fator positivo que pode ser relacionado ao uso dos tubetes biodegradáveis por efeitos secundários da introdução desse novo material no mercado. Como o material dos tubetes envolve a utilização de resíduos agroindustriais poderá ocorrer uma redução da dependência de materiais plásticos na área de silvicultura. Dessa maneira, haveria economia energética na produção dos tubetes devido a substituição da matéria-prima básica (petróleo) por resíduos agroindustriais que necessitam de adequação para sua utilização.

Pelas diversas razões expostas, esta nova geração de recipientes biodegradáveis de uso agrônomo tem sido pesquisada em diversos países, inclusive no Brasil. Esta nova proposta vem ao encontro das necessidades e respeito ao meio ambiente, com uso de matérias primas renováveis, menores gastos de energia, redução no volume de resíduos, o que proporcionaria uma melhoria na qualidade de vida da população. A adoção destes recipientes biodegradáveis passa pela necessidade de caracterizá-las quanto às suas

propriedades mecânicas e compará-las quanto ao uso com suas congêneres processadas a partir do petróleo, inclusive o desenvolvimento das mudas.

O objetivo desta pesquisa foi caracterizar mecanicamente (impacto, tração e flexão) e quimicamente o material dos tubetes biodegradáveis, para melhor avaliar seu desempenho na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), comparando-as com as mudas produzidas em tubetes plásticos segundo análise de crescimento e parâmetros morfológicos, além de estabelecer o gasto energético e econômico da produção de mudas comparativamente entre os dois tipos de recipientes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção de mudas de espécies arbóreas abastece atualmente os setores que demandam lenha, madeira e derivados, urbanização, recuperação de áreas degradadas entre outros.

2.1. Produção de mudas

Até algum tempo, a arborização urbana foi o maior consumidor do mercado de mudas arbóreas no país. Segundo Gonçalves & Oliveira (1998), normalmente as mudas eram produzidas em viveiros pertencentes a órgãos públicos, como instituições de ensino e pesquisa, prefeituras ou hortos florestais. Em razão disso, na maior parte das vezes, a distribuição era gratuita pois estes órgãos tinham como objetivo o incentivo à arborização mas, na atualidade outro mercado emergente é o de reflorestamento com espécies nativas, geralmente utilizadas em projetos de recuperação de áreas degradadas, na implantação de parques públicos e privados e, na arborização de reflorestamento de propriedades rurais (GONÇALVES & OLIVEIRA, 1998).

O processo de produção de mudas florestais pode ser dividido em três etapas: fase de germinação ou enraizamento (dependendo do método de produção), fase de crescimento e fase de rustificação (SILVA, 2003);

De maneira geral, nos projetos de recuperação de áreas degradadas dá-se preferência ao uso de espécies nativas (JOSÉ, 2003). Este é um fator de grande importância, por questões ecológicas, na tentativa de restabelecer o ecossistema alterado protegendo espécies raras e/ou endêmicas, evitando-se a introdução de espécies exóticas que poderiam ser prejudiciais ao ambiente local também por razões de ordem técnica, pois José (2003) citando Oliveira-Filho (1994) e Lorenzo et al. (1994) relata que, com o uso de espécies adaptadas às condições ambientais locais aumenta-se a chance de estabelecimento do plantio e auto-manutenção do povoamento.

2.2. A espécie Aroeira - *Schinus terebinthifolius* Raddi

A Aroeira é uma planta nativa que ocorre em toda extensão do território nacional. Existem dezenas de espécies que levam o nome popular aroeira de acordo com a região da ocorrência. A espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi, é também conhecida pelos seguintes nomes populares: aroeira-mansa, aroeira-vermelha, aroeira, aroeira-precoce, aroeira pimenteira, aroeira-da-praia, aroeira-do-brejo, aroeira-negra, aroeira-branca, aroeira-do-campo, aroeira-do-sertão, fruto-da-raposa, aroeira-do-paraná, fruto-do-sabiá, coração-de-bugre, aguaraiá, bálsamo, cambuí (LORENZI,1992).

Segundo Lorenzi (1992), as características morfológicas da planta são: altura de 10-15 m, com tronco revestido de casca grossa de 30-60 cm de diâmetro. Folhas compostas imparipinadas, de 3-10 pares de folíolos de 10-15 cm de comprimento por 2-3 cm de largura. Ainda segundo o autor a madeira caracteriza-se por ser moderadamente pesada, mole, bastante resistente, e de grande durabilidade, podendo ser utilizada em morões, esteios, lenha e carvão. A árvore é ornamental, principalmente durante o longo período em que os frutos persistem na planta. Pelo pequeno porte, é indicada para a arborização de ruas estreitas e sob fios elétricos; entretanto, pode causar alergia em pessoas sensíveis ao entrar em contato com suas folhas. As flores são melíferas. É uma das espécies mais procuradas pela avifauna, sendo portanto, útil nos reflorestamentos heterogêneos, destinados a recuperação de áreas degradadas de preservação permanente. É uma planta perenifólia, heliófita e pioneira, comum em beira de rios e córregos e em várzeas úmidas de formações secundárias. Contudo cresce também em terrenos secos e pobres. É amplamente disseminada por pássaros, o que explica sua boa regeneração natural. Sua dispersão é ampla, ocorrendo desde a restinga até as

florestas pluviais e semi-decíduas de altitude. Quanto a fenologia floresce principalmente durante os meses de setembro a janeiro e, frutifica predominantemente no período de janeiro a julho.

2.3. Recipiente

As primeiras mudas produzidas no Brasil usaram como recipientes os laminados de madeira e o torrão paulista, sendo estes posteriormente substituídos pelos sacos de polietileno (JOSÉ, 2003). O mesmo autor citando Tinus & Owston (1984) e Faria (1987), relata que a produção em sacos plásticos apresenta inúmeros inconvenientes, possibilitando a ocorrência de espiralamento de raízes, o que afeta a qualidade das mudas.

Mudas produzidas nos recipientes adequados, evitando deformação do sistema radicular tais como estrangulamento e espiralamento, podem apresentar boa qualidade e desempenho, quando plantadas em sítios adversos (BRISSET et al., 1991).

O uso de tubetes representa uma evolução nos viveiros do mundo todo, pois permitiu a produção de mudas em ambientes controlados, o que garante suprimento para o plantio durante todo o ano para regiões com o inverno rigoroso (OWSTON, 1990).

Os tubetes comumente usados para a produção de mudas de espécies florestais, segundo Tinus & Owston (1984), variam de 65 a 165 cm³ de volume. No Brasil, o de volume mais utilizado está entre 50-55 cm³, usado na produção de mudas de *Eucalyptus*.

Iatauro (2001) avaliou o comprimento das raízes de *Eucalyptus grandis* em tubetes biodegradáveis e em tubetes de plástico, ambos com mesmo volume e, verificou que a média do comprimento das raízes das mudas dos tubetes biodegradáveis eram menores que as dos tubetes de plástico, com 97,1 e 113,9 mm, respectivamente. Em razão disso o volume dos tubetes biodegradáveis da firma Natu-Lyne Ltda. foi alterado para 26 cm³, visto que o sistema radicular das mudas de *Eucalyptus grandis* tendiam a ultrapassar a parede lateral dos tubetes mantendo-se na porção superior dos mesmos, ocupando assim metade do volume dos tubetes originais. Nos tubetes de plástico ocorria o contrário, as raízes desciam pelas paredes e continuavam a crescer até a extremidade final dos recipientes.

2.4. Caracterização de materiais

Para a utilização de materiais, seja esta em qualquer área, é importante sua caracterização para aprimorar o manuseio e o desempenho dos materiais que são relacionados com uma série de características significativas, que podem ser distribuídas em três grandes grupos: as propriedades físicas, as químicas e as físico-químicas.

O grupo das propriedades físicas se subdivide em propriedades mecânicas como resistência à tração, alongamento na ruptura, módulo de elasticidade, resistência à compressão, flexão, fadiga, etc. Propriedades térmicas como calor específico, condutividade térmica, expansão térmica, fusão cristalina, etc. Propriedades elétricas como rigidez dielétrica, fator de potência, etc.; propriedades ópticas como transparência e índice de refração. Outras propriedades que não se enquadram nas anteriores podem ser citadas como densidade e estabilidade dimensional. Dentre o grupo das propriedades químicas não ocorre subdivisão, sendo algumas delas: resistência à oxidação, à degradação térmica, à água, à ácidos, etc. E por último, um exemplo do grupo das propriedades físico-químicas, a permeabilidade (MANO, 2000).

Devido a ampla variedade de materiais disponíveis como, madeira, cerâmica, vidros, metais, polímeros sintéticos e, mais atualmente associações de polímeros naturais com lignocelulósicos, uma mescla de propriedades sendo estas físicas, químicas e físico-químicas podem e devem ser utilizadas na caracterização destes materiais.

As normas brasileiras para ensaios com materiais são elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e ainda inespecíficas para todos os tipos de materiais. As normas americanas da, American Standards for Testing and Materials (ASTM), e britânicas, British Standards (BC), são bastante completas. As normas alemãs, preparadas pela Deutsche Institut für Normung (DIN), francesas, sob responsabilidade de Association Française de Normalisation (AFNOR), e internacionais, a cargo da International Organization for Standardization (ISO), são muito úteis (MANO, 2000).

Todo material recém criado deve ser caracterizado de acordo com o uso, pois isto permite estimar, por exemplo, a forma correta de armazenamento, durabilidade, técnicas de manuseio, etc. ,além de permitir a comparação com outros materiais de mesmo uso já existentes no mercado.

2.5 Análise de crescimento

A análise de crescimento, há tempos, tem sido usada apropriada e inapropriadamente por pesquisadores de plantas. Benincasa (1986), relata que o uso é apropriado quando são considerados os conceitos básicos da análise de crescimento e os critérios essenciais para a obtenção dos dados. A dificuldade em utilizar corretamente este recurso baseia-se fundamentalmente em um fato frequentemente esquecido ou desconhecido por muitos: o crescimento de uma planta resulta da interação de mecanismos físicos e bioquímicos bastante complexos, a maioria dos quais pouco esclarecidos ou mesmo desconhecidos. Portanto, muitas vezes o pesquisador se vê diante de situações difíceis de serem explicadas porque fogem à sua própria lógica a qual nem sempre coincide com a "lógica" da planta em estudo.

Porém, este tipo de análise ainda é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (BENINCASA, 1986). Esta análise baseia-se fundamentalmente no fato de que cerca de 90%, em média, da massa seca acumulada pelas plantas ao longo do seu desenvolvimento, resulta da atividade fotossintética, o restante devendo ser conferido à absorção de minerais pelo sistema radicular no solo. Sabe-se que é impossível quantificar o efeito destes dois fatores separadamente, da mesma forma que sabe-se da estreita relação entre eles, de forma que a deficiência em um prejudica direta e/ou indiretamente o outro.

Como o crescimento é avaliado através de variações em tamanho de algum aspecto da planta, geralmente morfológico, em função da acumulação de material resultante da fotossíntese líquida (Equação 1), esta passa a ser o aspecto fisiológico de maior importância para a análise de crescimento. Exceções ocorrem como, por exemplo, o alongamento de caules ou estiolamento por alta atividade auxínica, sob condições de ausência de luz (BENINCASA, 1986).

$$\text{Equação 1: } \text{Fotossíntese líquida} = \text{fotossíntese} - (\text{respiração} + \text{fotorrespiração})$$

Iatauro (2001) citando Benincasa (1986) relata que do ponto de vista biológico, a análise de crescimento é uma ferramenta indispensável para o melhor

conhecimento das plantas como entidades biológicas que são, independente da exploração agrícola.

Na produção de mudas de espécies de uso comercial o conhecimento das técnicas aplicadas nas diversas fases é de suma importância para a viabilidade do viveiro. Dentre as técnicas utilizadas encontram-se a definição do recipiente utilizado reservando-se grande atenção no volume, material e durabilidade, que são determinados à partir da espécie que será produzida. Também faz-se necessário um estudo da análise de crescimento da espécie, a fim de definir o tempo e a resistência ao manuseio do recipiente que será exigido no processo.

Nota-se portanto que no processo de produção de espécies comerciais é de suma importância, a determinação da espécie, a análise de crescimento da planta, a escolha dos recipientes que satisfaça tanto as exigências da planta como as do manuseio. Estes são fatores obrigatórios mínimos, dentre outros, que possibilitam a viabilidade comercial de um viveiro de mudas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Segue-se os materiais e os métodos utilizados na caracterização do material dos tubetes biodegradáveis, na análise de crescimento das mudas de aroeira e nos custos de produção da fase de crescimento no viveiro.

3.1. Local e época

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, no município de Botucatu - S.P. Para a produção das mudas foi utilizada a estrutura do viveiro de mudas do Departamento de Recursos Naturais setor de Ciências Florestais e a fase de plantio foi realizada em estufa particular, com abertura lateral, sendo as mudas transplantadas em vasos na mesma região. A caracterização do material dos tubetes biodegradáveis foi realizada no Departamento de Engenharia Rural e Departamento de Recursos Naturais setor Ciências Ambientais.

O município de Botucatu encontra-se nas coordenadas geográficas de 22° 51' 03" de latitude Sul e 48° 25' 37" de longitude Oeste, com altitude de 786 m. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa - moderado chuvoso, apresentando quatro a seis meses consecutivos com temperaturas médias do ar superiores a 10,0°C. A temperatura média do ar é de 22,8°C no mês mais quente e de 16,7°C

no mês mais frio, sendo a média anual de 20,6°C. A precipitação anual média é de 1518,8 mm, com valores médios de 229,5 mm e 37,5 mm para os meses de maior e menor precipitação, respectivamente (MARTINS, 1989).

O experimento foi implantado em março de 2004 .

3.2. Espécie

A espécie utilizada foi *Schinus terebinthifolius* Raddi e as sementes foram coletadas nas dependências da FCA e submetidas a beneficiamento manual. Escolheu-se esta espécie devido a sua rápida emergência de suas sementes, que é de 10-15 dias e, a taxa de germinação de 50% com rápido desenvolvimento (LORENZI, 1992).

3.3. Estrutura física

Como estrutura física no processo de produção das mudas, foram utilizadas:

- a) casa de vegetação (fase de germinação): da marca Suzuki com 6 m x 8 m e apresentando duas janelas frontais superiores, sistema de irrigação por micro-aspersores, com umidostato que aciona a irrigação quando a umidade relativa do ar se encontrava inferior a 80%;
- b) canteiro tipo túnel (1,0 m de pé direito), com cobertura sombrite 50% e sistema de irrigação por microaspersão (fase de crescimento);
- c) Estufa (4m x 4m) com abertura lateral (fase de plantio).

3.4. Insumos

Os insumos utilizados foram recipientes (tubetes) plásticos e biodegradáveis, substrato, sementes.

3.4.1. Recipientes

Os recipientes utilizados para a produção das mudas foram tubetes cilíndrico-cônicos de polietileno na cor preta com dimensões de 12,5 cm de comprimento, 2,5 cm de diâmetro na abertura superior, 0,8 cm de diâmetro na inferior correspondendo a 50 cm³ de volume, com quatro estrias internas salientes, cedidos pelo viveiro do Departamento de

Recursos Naturais setor de Ciências Florestais. Também foram utilizados tubetes cilíndrico-cônicos de material biodegradável com dimensões de 6,0 cm de comprimento, 2,5 cm de diâmetro na abertura superior, sem abertura inferior correspondendo a 23 cm³ de volume, sem estrias internas, cedidos pela empresa Natu-Lyne L^{tda}. Não foi utilizado nenhum tipo de fungicida¹ nos tubetes utilizados.

Como suporte para os tubetes foram utilizadas bandejas de polietileno com dimensões de 60 x 40 cm com capacidade para 176 mudas, utilizadas na fase de germinação e desenvolvimento das mudas. No plantio foram utilizados vasos de plástico com capacidade de 2400 cm³.

A não ser os tubetes biodegradáveis o restante dos materiais foram os produtos comerciais normalmente utilizados em viveiros da área florestal.

3.4.2. Substrato

O substrato utilizado foi o produto comercial da marca Plugmix.

Segundo Silva (2003), este substrato tem as seguintes características físicas:

- a) macroporos: 29,94%
- b) microporos: 46,56%
- c) porosidade total: 76,50%

3.5. Caracterização do material dos tubetes biodegradáveis

A caracterização do material dos tubetes biodegradáveis foi realizada em corpos de prova que sofreram testes de resistência à ruptura por impacto, tração paralela e flexão.

3.5.1. Metodologia

A caracterização do material dos tubetes foi realizada em três Departamentos da Fazenda Lageado da FCA/UNESP. A caracterização para resistência mecânica à ruptura foi feita para os seguintes parâmetros. a) por impacto realizada no Departamento de Recursos Naturais setor de Ciências Ambientais utilizando o equipamento

¹ Ensaios preliminares mostraram a não necessidade de introdução de fungicida nos tubetes, na produção de mudas da espécie utilizada.

da marca Tinus Olsen modelo 892 com software próprio; b) por flexão e tração paralela realizadas no Departamento de Engenharia Rural utilizando uma máquina para ensaios DL 10000 da marca Emic, que apresenta faixa de variação de velocidade bastante ampla (0,01 a 200 mm/min), forças de até 10000 Kgf e, realiza ensaios de tração, pressão, flexão, dobramento, etc..., com troca apenas dos acessórios que exerciam a força. A caracterização química, foi realizada no Departamento de Recursos Naturais setor de Ciências do Solo.

3.5.2. Corpos de prova

Os corpos de prova utilizados nas caracterizações mecânicas foram desenvolvidos no Departamento de Recursos Naturais setor de Ciências Ambientais, utilizando uma prensa hidráulica da marca OMECO/Brasil com capacidade de força de 400 Kgf/cm² para moldar e uma estufa com renovação e circulação de ar MA 037 da marca MARCONI/Brasil para secá-los.

Os moldes dos corpos de prova possuíam as seguintes dimensões:

	Moldes dos Corpos de Prova		
Dimensões (mm)	Impacto	Flexão	Tração Paralela
Espessura	6,50	6,50	3,00
Largura	12,50	12,50	maior 20,00
			menor 10,00
Comprimento	62,50	125,00	125,00

Quadro 01: Dimensões dos moldes dos corpos de prova em milímetros.

As dimensões dos corpos de prova sofreram alterações de décimos de milímetro em relação às dimensões dos moldes. Isto ocorreu, devido à grande quantidade de fibras no material que proporciona menor compactação.

3.5.2.1. Confecção dos corpos de prova

Os corpos de prova foram feitos com o mesmo material dos tubetes biodegradáveis fornecidos pela Natu-Lyne Ltda, fornecedora dos tubetes biodegradáveis. Esse material se apresentava como uma massa passível de modelamento.

a) Na modelagem utilizou-se três moldes, com formatos dos corpos de prova utilizados nos experimentos do Departamento de Recursos Naturais setor de Ciências Ambientais e, Departamento de Engenharia Rural do Lageado.

b) Com uma prensa do Departamento de Recursos Naturais setor de Ciências Ambientais realizou-se a acomodação do material nos moldes e, com uma faca foi retirado o excesso de material nas bordas dos moldes.

c) Os corpos de prova já modelados, porém ainda úmidos, foram colocados em estufa com renovação e circulação de ar, regulada à 35°C, por três dias, para a redução da umidade a 9%, o que lhe conferiu resistência.

3.5.2.2. Teste de impacto

Devido ao aparelho utilizado ser de origem americana usado para testes de polímeros sintéticos que é completamente distinto do material dos tubetes biodegradáveis, foi adaptada uma metodologia da ASTM, que trata de materiais compostos por fibras naturais (madeira, bagaço de cana, etc.) associadas a polímeros sintéticos, denominada ASTM D-256.

Foram realizados dois ensaios. Um com 25 corpos com entalhe e outro com 25 sem entalhe. Vários componentes podem ser alterados para melhorar a propriedade de resistência mecânica ao impacto. As tendências são diferentes para a resistência ao impacto com ou sem entalhe: o entalhe leva à medição da energia da propagação da fratura, enquanto que o teste sem entalhe é a medida da iniciação da fratura e de sua propagação (Leão, 1997).

Na prática o entalhe funciona como um concentrador de tensão em uma região do corpo de prova, onde deverá ocorrer a ruptura. Na maioria dos teste realizados no Departamento de Recursos Naturais setor de Ciências Ambientais, para firmas que processam materiais poliméricos é utilizado o corpo de prova com entalhe, pois como já dito, este padroniza a ruptura diminuindo o desvio padrão entre amostras.

Os corpos de prova foram fixados em um tipo de morsa, e um pêndulo com terminal eletrônico e carga de 9,177 Newtons (ASTM –D256) foi liberado em direção ao corpo de prova (Figura 01), executando as leituras.



Figura 01: Aparelho de ensaios de impacto –marca Tinus Olsen – modelo 892

Fonte: www.tiniusolsen.com

3.5.2.3. Teste de tração paralela

Nos ensaios de resistência a tração paralela, os corpos de prova foram fixados por duas garras em extremidades opostas que realizava a tração, com velocidade de 1,0 mm/min (ASTM), e, na região mediana do corpo de prova foi instalado um aparelho para realizar as leituras, denominado extensômetro, conforme a Figura 02. A metodologia utilizada foi a ASTM-D1037, pois a ABNT não possui normas para este tipo de material.

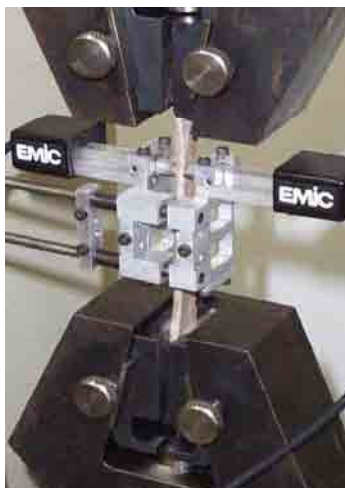


Figura 02: Aparelho de ensaios de tração paralela – DL 10000 da marca Emic.

3.5.2.4. Teste de flexão

Nos ensaios de resistência a flexão, os corpos de prova foram colocados sobre dois apoios localizados nas extremidades opostas daqueles. Na região mediana do corpo de prova foram aplicadas cargas até seu rompimento, com velocidade de 2,4 mm/min (ASTM) (Figura 03). A metodologia utilizada também foi a ASTM-D1037 pelos mesmos motivos do ensaio de tração paralela.



Figura 03: Aparelho de ensaios de flexão – DL 10000 da marca Emic

3.6. Planejamento

Foram utilizados para o experimento um total de 230 tubetes biodegradáveis e 230 tubetes de plástico que, foram divididos em dois lotes da seguinte maneira:

a) Lote Não Destrutivo (ND): 40 tubetes biodegradáveis e 40 de plástico (NDB e NDP, respectivamente), cada lote de 40 tubetes de cada tipo, subdivididos em 4 repetições com 10 tubetes cada. Estes foram utilizados na análise de crescimento após a fase de plantio, portanto passaram a ser destrutivos.

b) Lote Destrutivo (D): 190 tubetes biodegradáveis e 190 de plástico (DB e DP, respectivamente), Cada lote de 190 tubetes de cada tipo foi subdividido em 19 repetições com 10 tubetes cada. Estes foram utilizados na análise de crescimento antes do plantio.

Do Lote Destrutivo foram utilizadas apenas 100 mudas de cada tubete, sendo as restantes utilizadas como reposição para a análise estatística das perdas na produção e, também como excedente.

As características morfológicas das mudas foram medidas semanalmente, após decorridos 30 dias da sementeira .

3.7. Sistema de produção das mudas

Nesta pesquisa, o sistema de produção de mudas diferiu em algumas operações devido às características do material dos recipientes, principalmente os tubetes biodegradáveis. Sendo assim, algumas operações foram suprimidas e/ou ajustadas de forma que as mudas fossem ao campo precocemente pois, como o recipiente é plantável, estes podem conferir certa proteção as mudas.

O sistema utilizado compreendeu enchimento dos tubetes, sementeira, raleamento, fertirrigação e plantio.

3.7.1. Enchimento dos tubetes

O enchimento dos tubetes, foi realizado no dia da sementeira (14/03/2004)e, para tal usou-se uma caixa de madeira como suporte para a bandeja de polietileno² na qual foram colocados os tubetes. A metodologia constou da: colocação do substrato sobre os tubetes e realizou-se alguns batimentos para sua acomodação. Preencheu-se com mais substrato e novamente fez-se novo batimento. Já acomodação do substrato nos tubetes biodegradáveis foi feita um a um, também manualmente, devido a sua fragilidade. Com uma pequena vassoura retirou-se o substrato excedente e fez-se uma irrigação. Em seguida procedeu-se a sementeira.

3.7.2. Sementeira

Colocou-se manualmente uma média de 4 sementes em cada tubete. Após a colocação das sementes, estas foram cobertas por uma fina camada de substrato e, posteriormente, irrigadas.

Na sequência, as bandejas com os tubetes já semeados foram levadas à casa de vegetação onde permaneceram por um mês. Completando-se este período, as mesmas foram levadas para o canteiro onde se procedeu ao raleamento.

² É importante salientar que tais bandejas são produzidas para uso com tubetes de plástico, portanto não são inteiramente adequadas ao uso dos tubetes biodegradáveis.

3.7.3. Raleamento

Já no canteiro foi feito o raleamento no dia 14/04/2004, primeiro dia das mensurações, deixando apenas a planta com mais vigor e na posição mais central do tubete.

3.7.4. Fertirrigação

As adubações foram feitas via fertirrigação, decorridos 40 dias após a semeadura (24/04/2004). Usou-se os adubos solúveis NH_4NO_3 (nitrato de amônio) e KNO_3 (nitrato de potássio) em concentração de 2 g L^{-1} cada, de forma que a solução contivesse 470 mg L^{-1} de N e 470 mg L^{-1} de K. Nesta fase foi necessária uma adequação do sistema de irrigação para os tubetes biodegradáveis, porque tendem a perder mais água do substrato (diferença de potencial) para a atmosfera por evapotranspiração. Nos tubetes de plástico foram realizadas uma fertirrigação e duas irrigações diárias de 10 minutos cada, totalizando 51 cm^3 por tubete por dia e, nos tubetes biodegradáveis foram feitas duas fertirrigações e quatro irrigações diárias de 5 minutos cada, consumindo um total de solução de adubo e água igual aos tubetes de plástico.

3.7.5. Plantio

Decorridas dez semanas do início das mensurações morfológicas as mudas foram transplantadas para vasos, simulando o plantio no campo. Foram realizadas duas irrigações, uma no ato do plantio (23/06/2004) e outra após duas semanas (07/07/2004) até atingir a capacidade de campo do solo no vaso. Em seguida os vasos foram colocados em estufa onde foram mantidos até o término do experimento.

3.8. Avaliações

Avaliações feitas foram características morfológicas, análise de crescimento, percentagem de tubetes com mudas, sobrevivência das mudas pós-plantio.

3.8.1. Características morfológicas das mudas

As características morfológicas mensuradas foram: altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (D) (lotes Destrutivo e Não Destrutivo), área foliar (AF), comprimento do sistema radicular (CSR), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca do sistema radicular (MSR) (lote Destrutivo e lote Não Destrutivo após plantio). Os instrumentos utilizados foram: régua graduada, paquímetro, medidor de área foliar, balança digital analítica da marca ADN, modelo HR-200 com quatro casas decimais. As mensurações foram realizadas semanalmente, sempre no mesmo período do dia, de acordo com a seguinte sequência: diâmetro do colo, altura da parte aérea, separação dos órgãos da muda (folhas, caule e raiz), determinação da área foliar, secagem do material em estufa com renovação e circulação de ar MA 037 da marca Marconi a uma temperatura de 60°C até massa constante.

3.8.2. Análise de crescimento

Para tal foram utilizados os dados das características morfológicas obtidas semanalmente (sempre no mesmo dia da semana) no lote destrutivo enquanto que o lote não destrutivo as medidas foram feitas apenas à partir do momento do plantio. Com tais resultados foi possível calcular algumas medidas de crescimento que são parte da Análise de Crescimento Clássica. As medidas são:

- Taxa de Crescimento Absoluto (TCA): estabelece a velocidade média de crescimento da planta ao longo do período de observação (no caso, semanal).
- Taxa de Crescimento Relativo (TCR): expressa em gramas de massa seca, o quanto de massa seca uma planta adquiriu em um período determinado de tempo (uma semana).
- Taxa de Assimilação Líquida (TAL): expressa a taxa de fotossíntese líquida, em massa seca produzida (em gramas), por decímetro quadrado de área foliar, por unidade de tempo.
- Razão de Área Foliar (RAF): área foliar, em decímetro quadrado, que está sendo utilizada para produzir um grama de massa seca, considerada a área foliar útil.
- Área Foliar Específica (AFE): (componente da Razão de Área Foliar) expressa o componente morfo-anatômico da razão de área foliar, porque relaciona a superfície com a massa seca da própria folha.

- Razão de Peso da Folha (RPF): (componente da Razão de Área Foliar) expressa o componente fisiológico da razão de área foliar, porque relaciona a massa seca das folhas e a massa seca total da planta.
- Peso Específico da Folha (PEF): considera-se o peso como expressão do volume foliar e então o peso específico foliar avalia a espessura da folha, ou seja, o inverso da área foliar específica.
- Distribuição de Massa Seca (DMS): expressa em porcentagem a distribuição da massa seca nas três partes da planta (folhas, caule e sistema radicular)

3.8.3. Percentagem de germinação e de tubetes com mudas

A percentagem de germinação foi calculada com base no número médio de sementes utilizadas por tubetes (quatro) e no número de sementes germinadas. Já percentagem de tubetes com mudas foi calculada com base no número de tubetes semeados (230 de cada tipo) e no número de tubetes com mudas, decorridos trinta dias da semeadura.

3.8.4. Sobrevivência das mudas pós-plantio

Após decorrido uma semana do plantio, contou-se o número total de plantas dos vasos na estufa que sobreviveram.

3.8.5. Análise química

As análises química do material dos tubetes biodegradáveis foram realizada no Departamento de Recursos Naturais setor de Ciências do Solo seguindo a metodologia do Ministério da Agricultura (1988). As análises avaliaram os macro e micronutrientes do material dos tubetes biodegradáveis antes do seu uso e após o período de uso no viveiro, antes do plantio.

3.8.6. Avaliação econômica

A análise de custo foi feita comparando-se o sistema de produção de mudas de aroeira com o uso dos tubetes biodegradáveis e os plásticos, levando-se em conta as diferenças necessárias de adaptação que se expressaram em quantidade e custo homem/hora nas fases que se exige mão-de-obra e, também, o tempo de uso do viveiro, que se reflete em gastos com irrigação e aumento da produção. Tubetes quebrados, volume de substrato e todas as diferenças entre as operação de cada tipo de tubete.

A SABESP forneceu dois valores para o cálculo do consumo de água, tanto na produção real quanto na simulação. O valor do m^3 da água fornecida com base no consumo mínimo de 0 a $10 m^3/mês$ foi de R\$ 1,93, utilizado nos custos reais de produção. E o valor do m^3 da água foi fornecido com base em um consumo acima de $50 m^3/mês$, utilizado na simulação, foi de R\$ 2,45. É importante salientar que existe a possibilidade da construção de um poço que forneça a água necessária para a irrigação, alterando portanto os custos.

3.9. Delineamento estatístico

Os delineamentos estatísticos das fases de viveiro e de campo foram iguais, seguindo a divisão realizada nos tratamentos.

A análise estatística utilizada foi a análise de variância de um delineamento inteiramente casualizado (BANZATTO & KRONKA, 1992) com comparações múltiplas entre as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, para a fase de viveiro e vasos (estufa), em alguns itens da análise de crescimento utilizando-se o "software" denominado "SANEST" Sistema de Análise Estatística do Instituto Agronômico de Campinas - IAC (NOGUEIRA et al, 1992), além de utilizar as médias dos demais resultados da análise de crescimento para comparação ao longo das dezesseis semanas.

Nos teste de resistência mecânica do material dos tubetes biodegradáveis foi utilizada média dos resultados e calculados os desvios padrão em cada teste.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do material dos tubetes biodegradáveis

Os resultados obtidos nos testes de resistência mecânica, objetivam a caracterização do material dos tubetes biodegradáveis para permitir o melhor uso destes minimizando perdas e, também permitir que este material possa ser utilizado como base para outros produtos.

4.1.1. Teste de impacto

Apesar dos valores obtidos nos testes de impacto do material dos tubetes biodegradáveis serem baixos, não pode-se dizer que este material seja de qualidade inferior aos já existentes, pois estes valores devem ser aceitáveis de acordo com o uso empregado no material. A Tabela 01 mostra estes resultados:

Tabela 01: Resistência à ruptura por impacto em aparelho de ensaios de impacto –marca Tinus Olsen – modelo 892

	CPCE	CPSE
Carga (J m^{-1})	3,80	8,15
Desvio Padrão (J m^{-1})	0,11	0,05

Legenda: CPCE= corpos de prova com entalhe, CPSE= corpos de prova sem entalhe

Na Tabela 02 os resultados mostram a grande variação de resistência ao impacto que existe entre os diversos tipos de materiais. Portanto, os valores isolados obtidos nos testes do material dos tubetes biodegradáveis não podem ser considerados baixos.

Tabela 02: Resistência à ruptura por impacto em diversos materiais em corpos de prova com entalhe.

Material	carga
40% Polipropileno + 60 % talco	11,63 (J m^{-1})
80% polietileno de alta densidade (PEAD) + 20% pó de madeira	0,12 J
60% PEAD + 40% pó de madeira	0,10 J
80% PEAD + 20% casca de amendoim	0,12 J
60% PEAD + 40% casca de amendoim	0,10 J
80% PEAD + 20% casca de arroz	0,15 J

Fonte: resultados de testes não publicados realizados em 2003 e 2004 no Departamento de Recursos Naturais setor de Ciências Ambientais.

4.1.2. Teste de tração paralela

Os dados obtidos para um total de 18 corpos de prova, mostram que as forças mínima e máxima suportada foram 9,518 e 19,70 Kgf, respectivamente. Descartando-se três corpos de prova que apresentaram resultados pouco confiáveis, obteve-se um coeficiente de variação de 20,06 %. Para que um material seja considerado relativamente homogêneo, ou seja, que haja uma uniformidade do material do produto, este coeficiente deve ser inferior à 20% e os valores considerados ideais para este coeficiente devem ser inferiores a 15%. Portanto, quanto a resistência à ruptura por tração, o material dos tubetes biodegradáveis

apresenta-se no limiar de aceitação, porém estes parâmetros são utilizados em materiais plásticos e/ou madeira, que apresentam polímeros mais homogêneos e com tecnologia de fabricação mais dominada. Além disso o uso é diferente dos tubetes biodegradáveis.

As figuras 4A e 4B demostram o momento da ruptura nos ensaios.

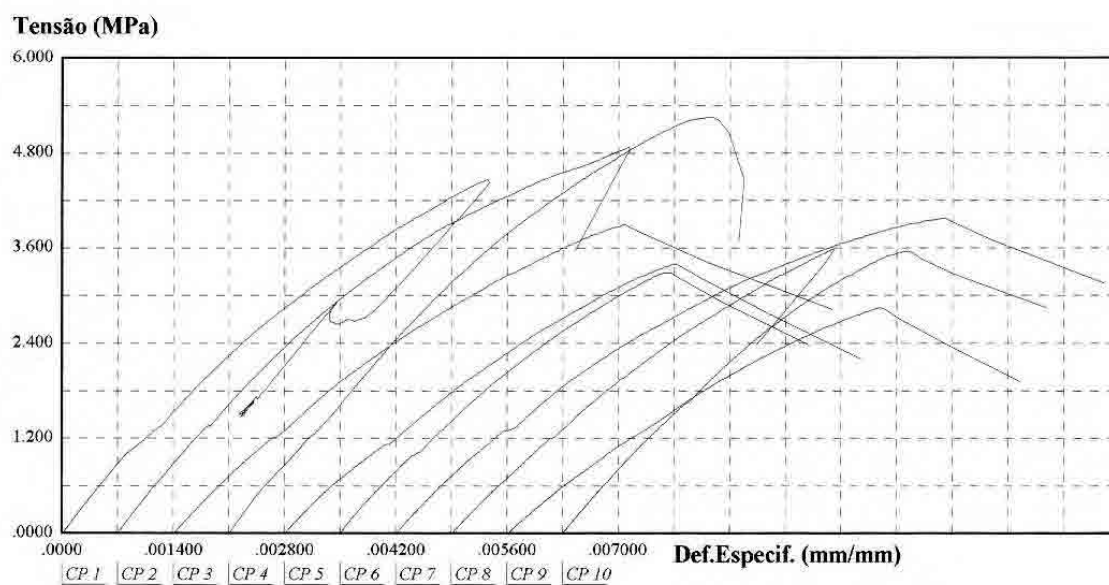


Figura 04A: Variação da tensão, tensão máxima e momento de ruptura dos corpos de prova em ensaio de tração paralela. Aparelho de ensaios DL 10000 da marca Emic

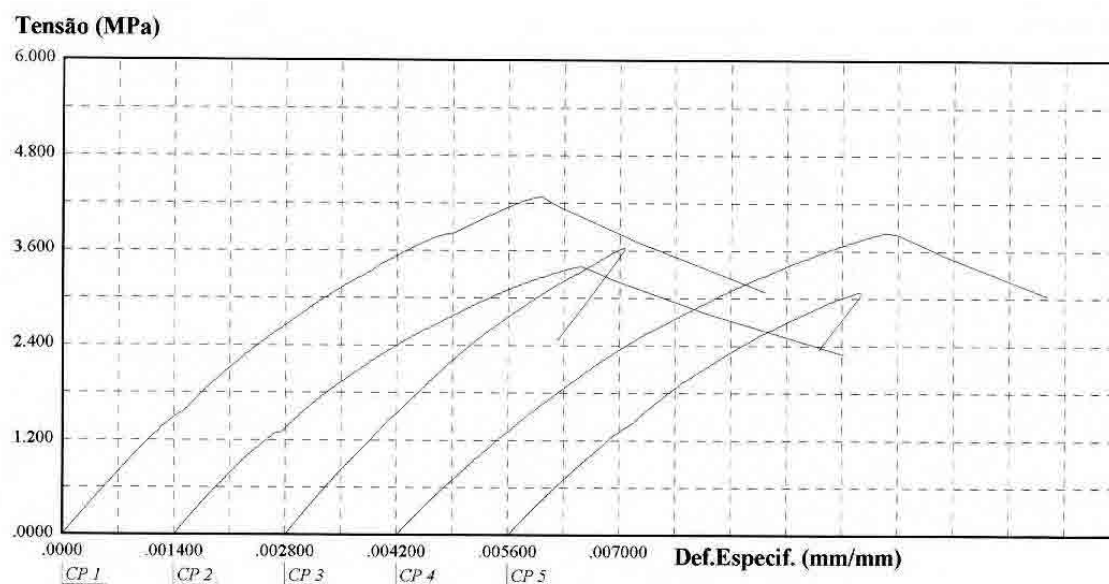


Figura 04B: Continuação dos resultados da Figura 04A

A continuidade das curvas após a tensão máxima detectada pelo equipamento na maioria dos corpos de prova mostra que ainda há alguma resistência do material, fato este que pode caracterizar uma ruptura em fases, ou seja, ocorre o rompimento de uma secção do corpo de prova, que o equipamento caracteriza como rompimento total, e a partir desse instante a tensão decresce até o rompimento real.

4.1.3 Teste de flexão

Os dados obtidos para um total de 22 corpos de prova, mostram que as forças mínima e máxima suportadas foram 2,264 e 3,204 Kgf, respectivamente. Descartando-se o corpo de prova que apresentou resultado pouco confiável, obteve-se um coeficiente de variação de 9,751 %. Para que um material seja considerado relativamente homogêneo, ou seja, que haja uniformidade do material do produto, este coeficiente deve ser inferior a 20% e, os valores considerados ideais para este coeficiente devem ser inferiores a 15%. Portanto, quanto a resistência à ruptura por flexão, o material dos tubetes biodegradáveis apresentou resultados acima dos padrões dos polímeros comumente avaliados por este tipo de ensaio.

As figuras 5A e 5B demonstram o momento da ruptura nos ensaios.

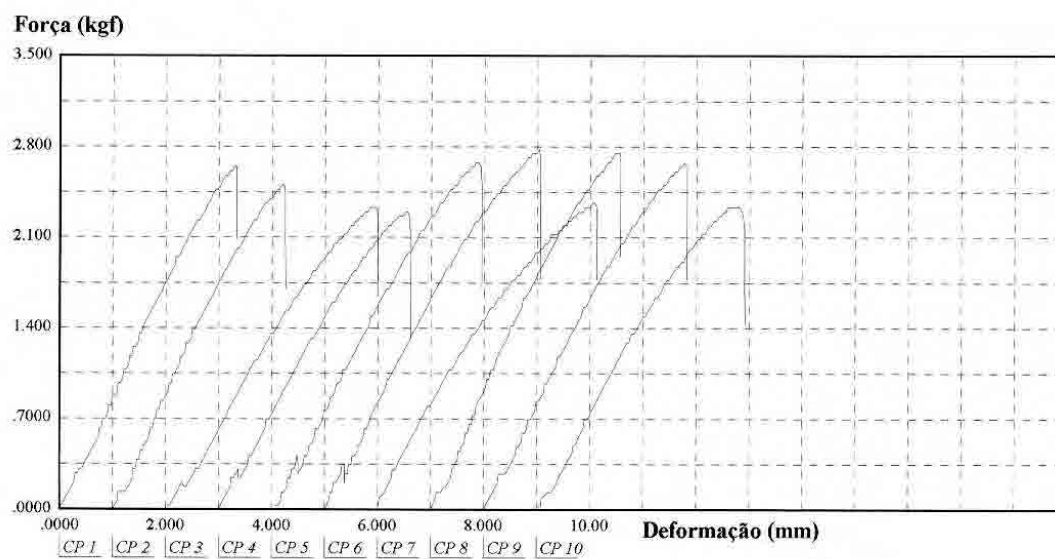


Figura 05A: Variação da força, força máxima e momento de ruptura dos corpos de prova em ensaio de flexão. Aparelho de ensaios DL 10000 da marca Emic

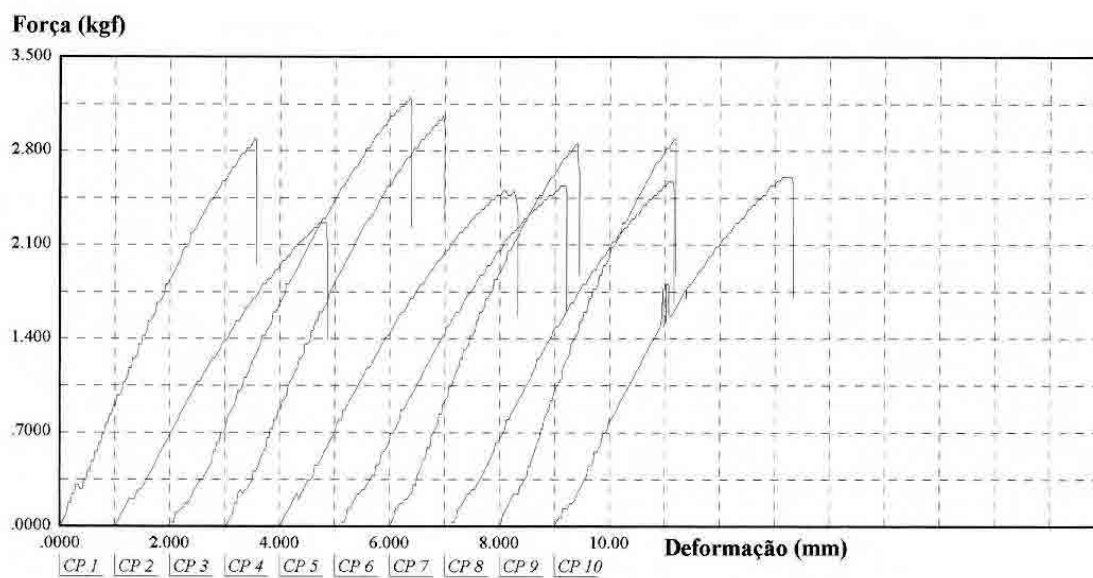


Figura 05B: Continuação dos resultados da Figura 05A

As curvas apresentadas pelos corpos de prova constituídos pelo material dos tubetes biodegradáveis para este ensaio, mostram que o material possui tendências a suportar mais esforços no sentido da flexão do que tração paralela pois, a maioria delas apresentam o

mesmo ângulo e uma diferença pequena entre deformação (com força de 5000 kgf) mínima e máxima de 0,5745 e 0,8396 mm, respectivamente.

4.2. Percentagem de germinação e de tubetes com mudas

Tanto nos tubetes biodegradáveis quanto nos tubetes de plástico houve 100 % de germinação. Portanto, todos os tubetes semeados obtiveram pelo menos uma muda em seu interior o que mostra a viabilidade dos tubetes biodegradáveis na fase de germinação de sementes.

A percentagem de germinação, ou seja, o número total de sementes germinadas ficou dentro do esperado (acima 50%), segundo a técnica utilizada na coleta e processamento das mesma (LORENZI,1992).

4.3. Sobrevivência das mudas pós-plantio

Após o plantio, as mudas tanto dos tubetes de plástico, quanto dos tubetes biodegradáveis, apresentaram sobrevivência total, ou seja, as quarenta mudas de cada tipo de tubete transplantados para os vasos sobreviveram. Entretanto foi possível observar redução no vigor das mudas que tinham origem nos tubetes de plástico em relação as mudas plantadas diretamente com os tubetes biodegradáveis. Essa diferença provavelmente se deve ao estresse sofrido pelas raízes na retirada das mudas dos tubetes de plástico. Esse estresse é resultado da necessidade de translocação de nutrientes até a raiz para o restabelecimento da estrutura de absorção, os pêlos radiculares ou absorventes. Verificou-se que o mesmo não ocorreu nas mudas do tubetes biodegradáveis, pois estas não sofreram esse estresse, preservando, portanto, a estrutura de absorção.

4.4 Análise de crescimento

Com base nas características morfológicas das mudas foi realizada a análise clássica de crescimento.

4.4.1. Taxa de crescimento absoluto

Os dados da Tabela 03 mostram uma diferença média mínima da taxa de crescimento absoluto entre os tubetes ($< 0,004$ gramas por semana). Entretanto a Figura 06, evidencia a existência de uma diferença na 13ª semana, momento em que as mudas são

transplantadas para os vasos. Esta Figura mostra a velocidade de crescimento das mudas ao longo das treze semanas, do raleamento à fase posterior ao plantio.

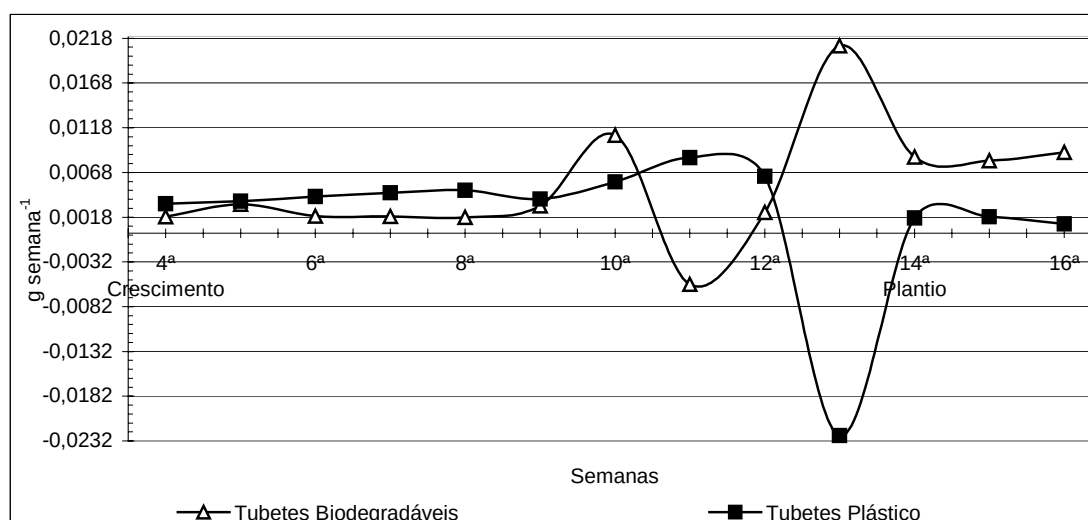


Figura 06: Médias das taxas de crescimento absoluto das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.

Tabela 03: Média geral da taxa de crescimento absoluto das mudas nos dois tipos de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.

	Tubetes	
	Biodegradável	Plástico
Média da TCA		
(13 semanas) g semana⁻¹	0,005	0,002

Verificou-se que as mudas dos tubetes biodegradáveis reagiram de forma extremamente positiva, ao contrario das mudas dos tubetes de plástico, quando plantados nos vasos, pois nota-se uma alteração brusca na taxa de crescimento. Esse comportamento pode ser devido ao bom desenvolvimento do sistema radicular das mudas dos tubetes biodegradáveis, em razão do ajuste da fertirrigação que reduziu o estresse hídrico a níveis admissíveis. Já as mudas dos tubetes de plástico registraram uma "taxa de crescimento negativa" pois mesmo com todo cuidado no ato do transplante, parte das raízes foram perdidas, isso fica registrado nos valores de massa seca de caule e de raiz. Essa perda exigiu a translocação de nutrientes da parte aérea para o sistema radicular objetivando seu

reestabelecimento, esse fato que promoveu o enfraquecimento de algumas folhas que consequentemente caíram, diminuindo ainda mais a massa da planta.

4.4.2. Taxa de crescimento relativo

A taxa de crescimento relativo é resultado da produção de massa seca a partir da já existente na planta e, para tal, é necessário que exista também um aumento de área foliar que resulta, também, no aumento da fotossíntese líquida.

A Figura 07 mostra que a fotossíntese líquida é quase sempre positiva, exceto a partir do momento do plantio o que ocorreu no dia 23 de junho de 2004 (entre a nona e décima semana da fase de viveiro que corresponde a décima segunda e décima terceira semanas desde de a semeadura), como também pode ser observado na Figura 06. Portanto, o material sintetizado durante a fotossíntese das plantas, em ambos os tubetes, foi capaz de suprir as necessidades das plantas e, ainda armazenar nutrientes na forma de novos órgãos até o momento do transplante. Provavelmente, pelos mesmos fatores da taxa de crescimento absoluto, o gráfico da taxa de crescimento relativo apresenta as mesmas características da Figura 06.

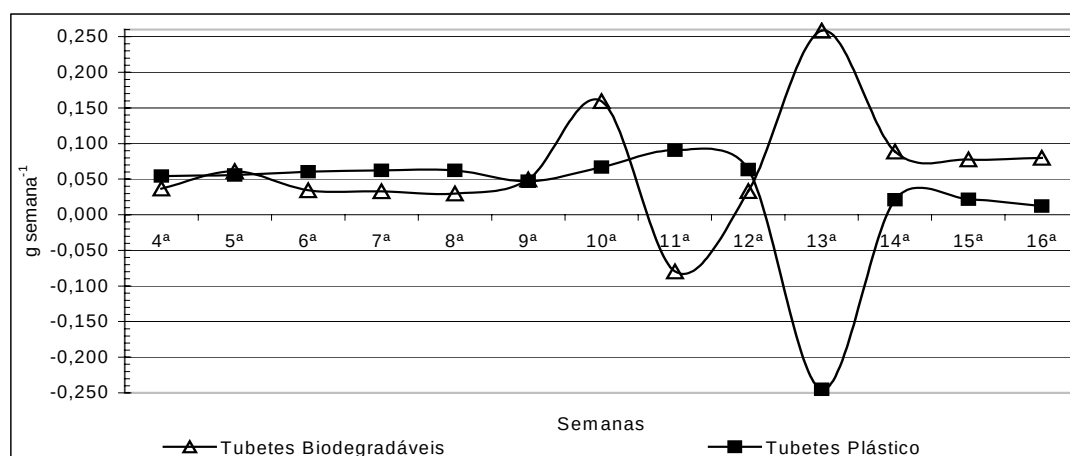


Figura 07: Médias das taxas de crescimento relativo das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.

Quanto a média geral da taxa de crescimento relativo apresentada na Tabela 04, nota-se que apresentaram valores próximos como na tabela anterior.

Tabela 04: Média geral da taxa de crescimento relativo das mudas nos dois tipos de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.

	Tubetes	
	Biodegradável	Plástico
Média da TCR (13 semanas) g semana⁻¹	0,066	0,030

4.4.3. Taxa de assimilação líquida e razão de área foliar

Na Figura 08 está representada a variação da taxa de assimilação líquida. Verifica-se uma maior oscilação nas mudas dos tubetes biodegradáveis, comparadas as dos tubetes de plástico. O gráfico deveria apresentar o mesmo padrão das taxas de crescimento das Figuras 06 e 07, mas observa-se uma influência da razão de área foliar, pois seus valores nos tubetes biodegradáveis tornam-se cada vez mais semelhantes aos das mudas dos tubetes de plástico, principalmente à partir do plantio, resultando em uma menor oscilação da taxa de assimilação líquida nas mudas dos tubetes biodegradáveis pós-plantio.

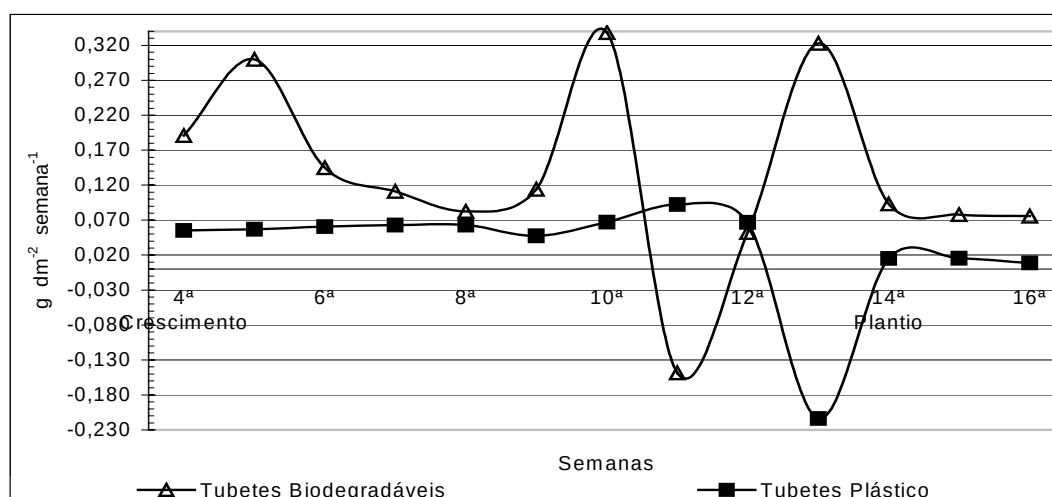


Figura 08: Médias das taxas de assimilação líquida das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.

Na Figura 09 nota-se um aumento da razão de área foliar nos tubetes biodegradáveis, o que reflete na oscilação da taxa de assimilação líquida, pois a razão de área foliar nada mais é que a área utilizada para a realização da fotossíntese, portanto quanto maior

esta, maior poderá ser a oscilação da taxa de assimilação líquida devido a variação dos fatores climático, por exemplo um dia com uma grande oscilação de temperatura influenciará na taxa de evapotranspiração de uma planta com uma grande razão de área foliar, promovendo o fechamento dos estômatos no período quente do dia para diminuição de perda d'água, resultando na diminuição das trocas gasosas, diminuindo a concentração de CO_2 que é fator limitante para que ocorra a fotossíntese.

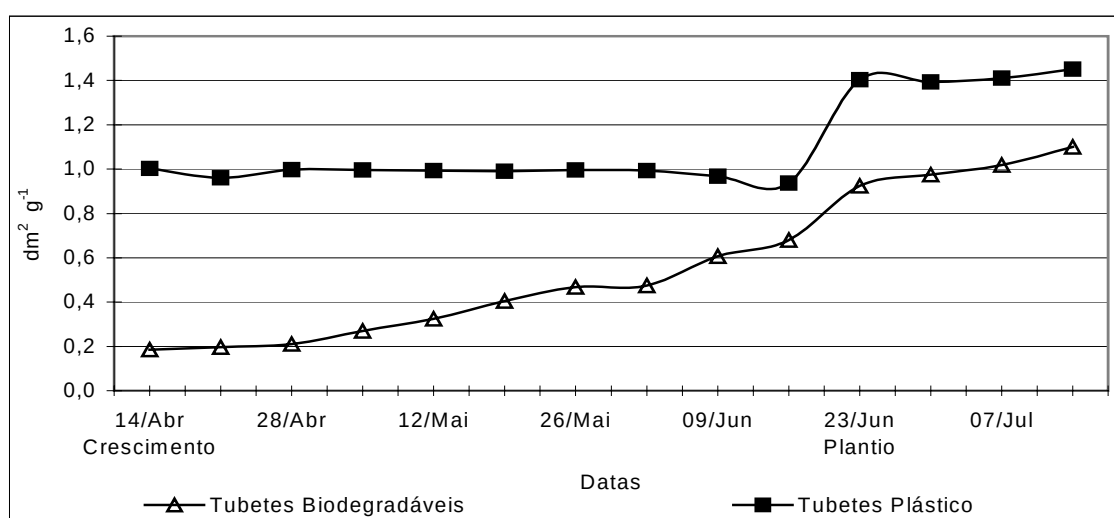


Figura 09: Médias das razões de área foliar das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.

A comparação entre dos valores relacionados na Tabela 05 de taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida e razão de área foliar apresenta a influência da razão de área foliar sobre a taxa de crescimento relativo à partir da décima quarta semana. A taxa de assimilação líquida dos tubetes biodegradáveis foi superior à dos tubetes de plástico em todo o experimento. Já a taxa de crescimento relativo dos tubetes biodegradáveis apresentou valores inferiores aos dos tubetes de plástico, exceto à partir do momento do transplante (entre a décima terceira e décima quarta semanas), uma provável explicação desses resultados pode ter sido a influência negativa da razão de área foliar (componente da taxa de crescimento relativo) a qual, também apresentou valores inferiores nos tubetes biodegradáveis, em quase todo o experimento. Dessa forma, a razão de área foliar só fez aumentar os valores da taxa de crescimento relativo dos tubetes biodegradáveis quando seus

valores aproximaram-se aos dos tubetes de plástico, o que caracterizou aumento de peso das mudas dos tubetes biodegradáveis por semana.

Tabela 05: Média geral da taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida e razão de área foliar das mudas nos dois tipos de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.

Valores Médios para Tubetes						
	RAF (dm ² g ⁻¹)		TCR (g semana ⁻¹)		TAL (g dm ⁻² semana ⁻¹)	
	Tubetes					
Semanas	Bio	Plást.	Bio	Plást.	Bio	Plást.
4 ^a	0,185	1,003	0,037	0,054	0,191	0,055
5 ^a	0,197	0,961	0,061	0,056	0,300	0,057
6 ^a	0,211	0,996	0,035	0,060	0,145	0,061
7 ^a	0,269	0,996	0,033	0,063	0,111	0,063
8 ^a	0,324	0,993	0,030	0,062	0,082	0,063
9 ^a	0,404	0,990	0,050	0,047	0,114	0,047
10 ^a	0,467	0,996	0,016	0,067	0,338	0,067
11 ^a	0,475	0,993	-0,080	0,091	-0,148	0,093
12 ^a	0,607	0,968	0,033	0,063	0,052	0,067
13 ^a	0,679	0,938	0,258	-0,245	0,323	-0,214
14 ^a	0,924	1,403	0,089	0,021	0,093	0,015
15 ^a	0,976	1,393	0,078	0,022	0,078	0,016
16 ^a	1,019	1,410	0,080	0,012	0,076	0,010

4.4.4. Peso específico da folha, área foliar específica, razão de peso da folha e distribuição de massa seca das mudas dos tubetes biodegradáveis e de plástico

O peso específico da folha é influenciado pela sua espessura. Na Figura 10 apresentam-se os valores do peso específico da folha e, verifica-se uma gradativa redução na espessura das folhas dos tubetes biodegradáveis, no entanto a Figura 11 mostra que somente esta característica diminuiu nas mudas dos tubetes biodegradáveis. Nota-se ainda, na mesma Figura, um crescente aumento de massa seca nas folhas dos mesmos tubetes,

justificado pelo fato da taxa de assimilação líquida ser positiva, o que representa que houve aumento do número de órgão aéreos das plantas, notadamente após o plantio. Para as mudas dos tubetes de plástico, a Figura 11 mostra uma queda na massa seca da folhas, logo na semana seguinte ao plantio, décima terceira semana após a sementeira, confirmando dados anteriores de que houve translocação de nutrientes do caule para outros órgãos, principalmente sistema radicular, no sentido de reestabelecer seu funcionamento.

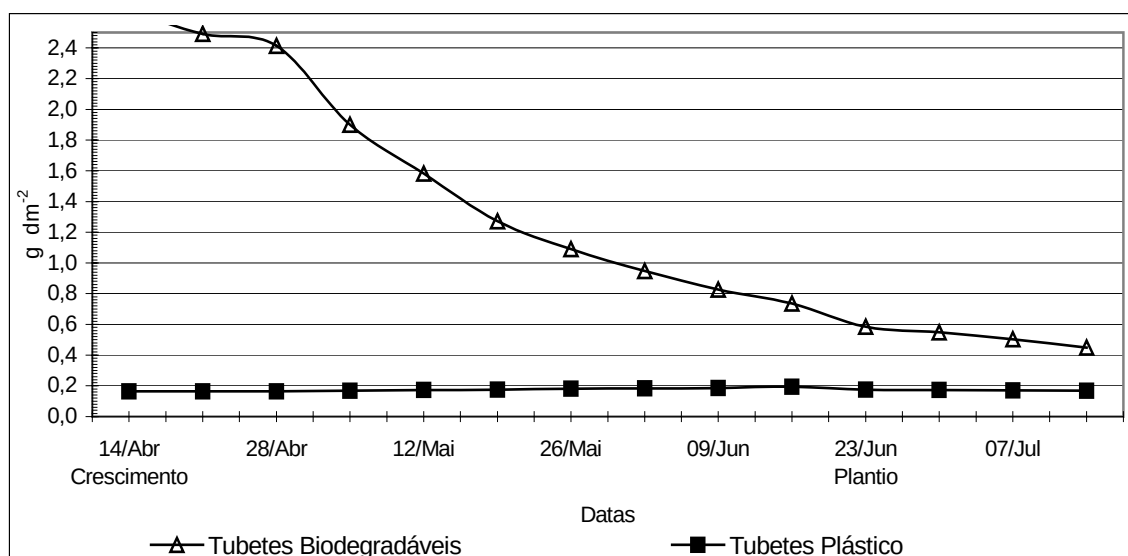


Figura 10: Médias do peso específico da folha das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.

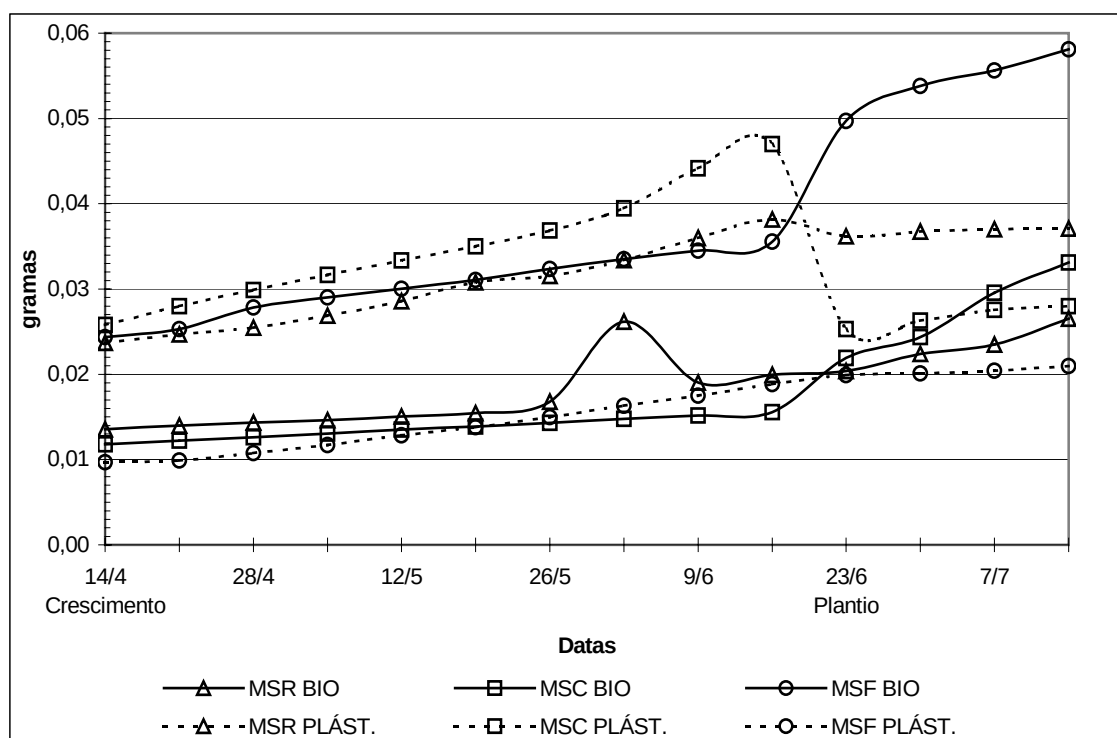


Figura 11: Médias da distribuição de massa seca das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.

A área foliar específica é componente da razão de área foliar, assim como a razão de peso da folha, portanto essas três características estão correlacionadas. Nas Figuras 12 e 13 é possível verificar a influência entre esses fatores. Os valores de área foliar específica das mudas dos tubetes biodegradáveis são inferiores aos valores dos tubetes de plástico ao longo das treze semanas após o raleamento. Acentua-se a influência desta sobre a razão de área foliar, que também apresenta valores inferiores nas mudas dos tubetes biodegradáveis. Normalmente, nesta situação, a razão de peso da folha apresentar-se-ia da mesma maneira, mas na Figura 13 nota-se o oposto. A razão de peso da folha expressa a quantidade de massa seca produzida pelas folhas e não exportadas para o restante da planta, portanto os valores da razão de peso da folha das mudas dos tubetes biodegradáveis mostraram que houve concentração de massa seca produzida nas folhas, aumentando o número de órgão nelas mesmas.

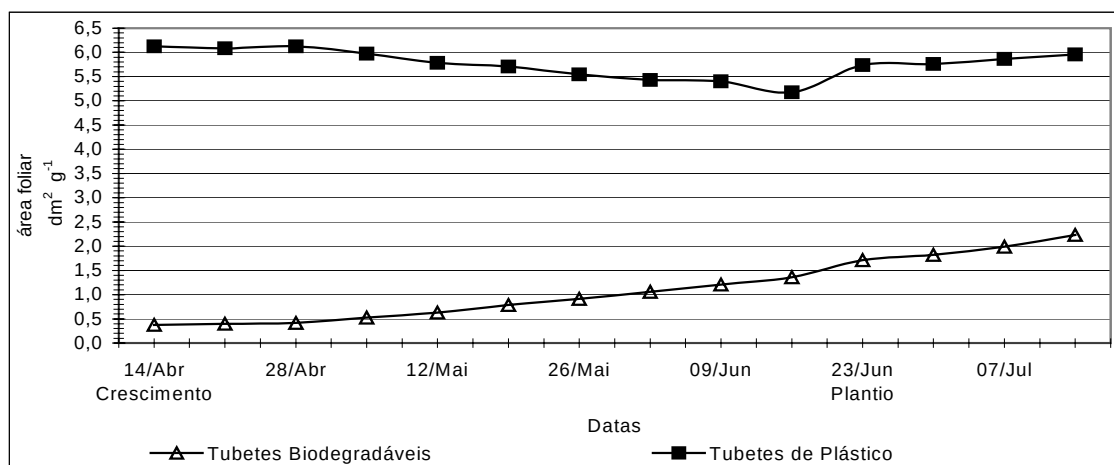


Figura 12: Médias da área foliar específica das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.

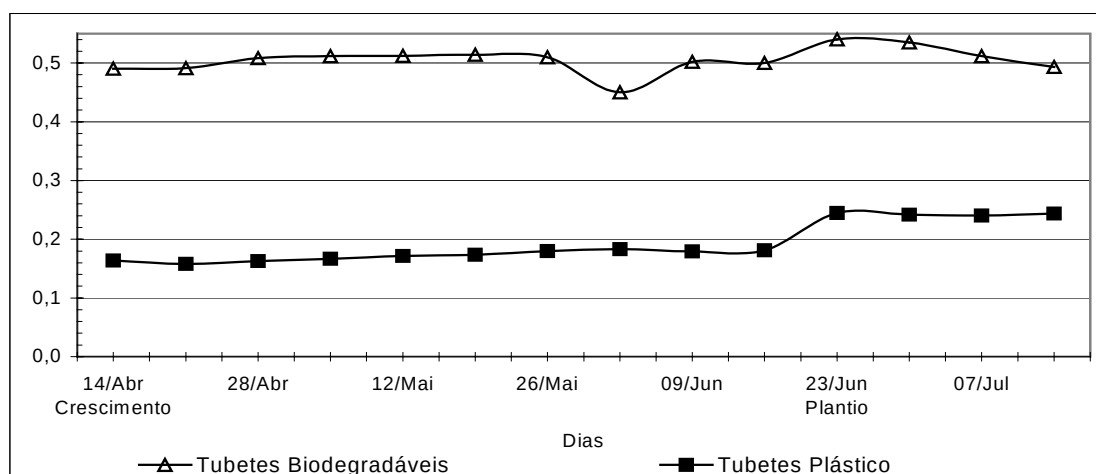


Figura 13: Médias da razão entre peso da folha e peso total das mudas nos dois tipo de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.

O sentido da translocação da massa seca é determinada pelos genes da planta, que por sua vez podem ser influenciados pelo ambiente. Como as mudas utilizadas nos tubetes biodegradáveis e tubetes de plástico são da mesma espécie e, o experimento foi realizado de maneira a proporcionar as mesmas condições ambientais para as mudas dos dois tipos de tubetes, só resta inferir que os resultados obtidos na razão de área foliar, área foliar específica e razão de peso da folha foram influenciados pelo tipo de tubete utilizado. Talvez a composição química dos tubetes biodegradáveis tenha impedido que suas plantas translocassem com mais eficiência a massa seca para as raízes, pois verificou-se que alguns

minerais apresentaram teores relativamente altos nos tubetes biodegradáveis. Uma explicação plausível para tal fato poderia ser a formação de um gradiente de concentração dos minerais na parede dos tubetes biodegradáveis que aumentaria conforme a proximidade da parede externa formando uma película com altas concentrações dos minerais, onde ocorreu a evaporação da água provinda do substrato. Dessa forma, quanto mais próximas as raízes da parede externa dos tubetes, mais estas sofreriam com as altas concentrações.

Nas Figuras 14A e 14B observa-se a diferença na média da distribuição de massa seca nos dois tipos de tubetes, ao longo das treze semanas após o raleamento.

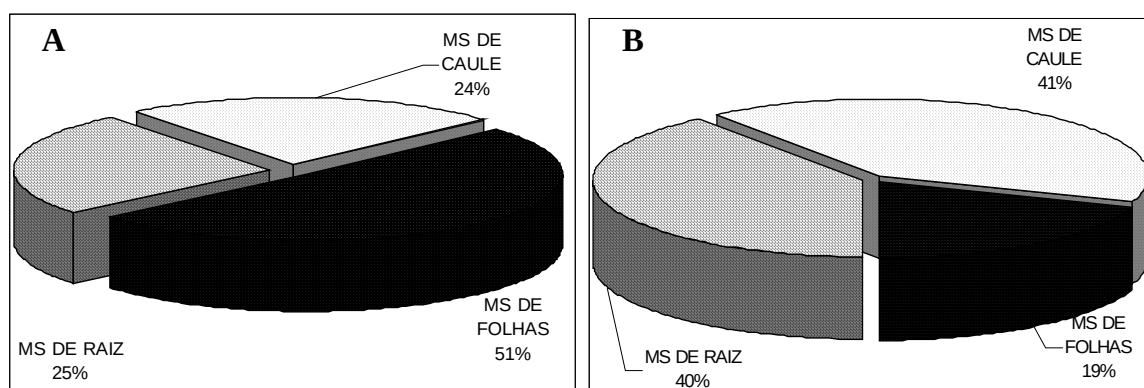


Figura 14: Distribuição da percentagem das médias de massa seca nas mudas dos tubetes biodegradáveis e tubetes de plástico, ao longo das treze semanas após o raleamento.

4.4.5. Altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (D) e comprimento do sistema radicular (CSR)

As dimensões lineares altura da parte aérea , diâmetro do colo e comprimento do sistema radicular apresentam-se nas Figuras 15, 16 e 17, respectivamente. Quanto a altura, houve diferença que chega a ser de 5 mm entre as mudas dos tubetes biodegradáveis e as dos tubetes de plástico, sendo o maior valor o das mudas dos tubetes de plástico. Entretanto, nota-se que a partir do plantio, existe uma aproximação entre os valores e, que no final do experimento são bastante semelhantes. Esse crescimento acelerado pode dever-se ao fato das mudas dos tubetes biodegradáveis passarem a estar protegidas da evapotranspiração, promovida pela característica do material dos tubetes biodegradáveis. A porosidade do material dos tubetes biodegradáveis possibilita uma maior movimentação da

água do substrato. Estando os tubetes no solo, a possibilidade de perda d'água por evaporação é minimizada, diminuindo assim o estresse hídrico sofrido pela planta.

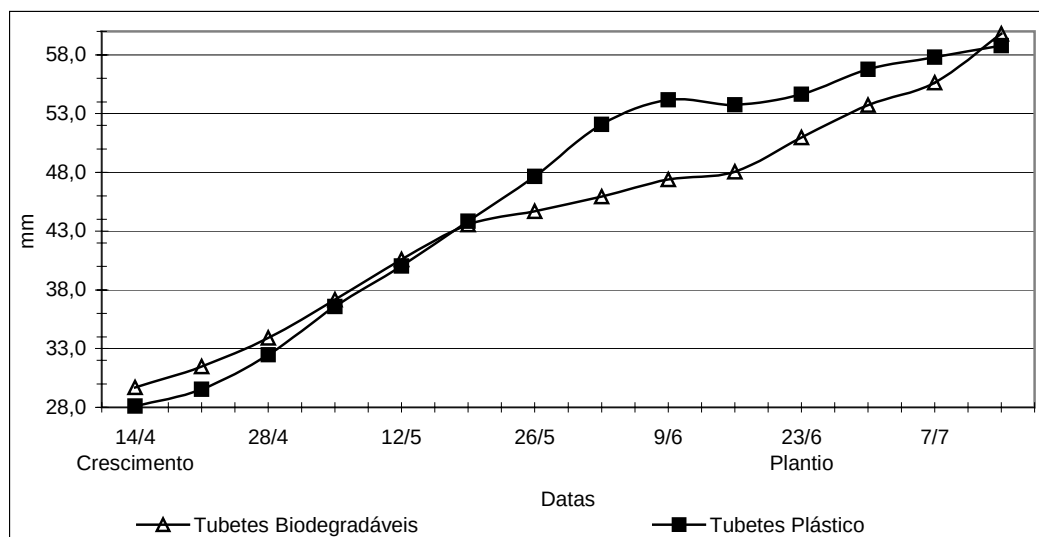


Figura 15: Médias das alturas das mudas nos dois tipos de tubetes ao longo das treze semanas após o raleamento.

Os valores dos diâmetros dos colos das mudas apresentaram aumento uniforme, exceto para as mudas dos tubetes biodegradáveis após o plantio. Ocorreu uma redução de 0,1mm em uma semana, que foi recuperada na semana seguinte, seguida de aumento mais acentuado do diâmetro. Provavelmente, no ato do plantio, o manuseio das mudas provocou algum dano à algumas plantas deste lote.

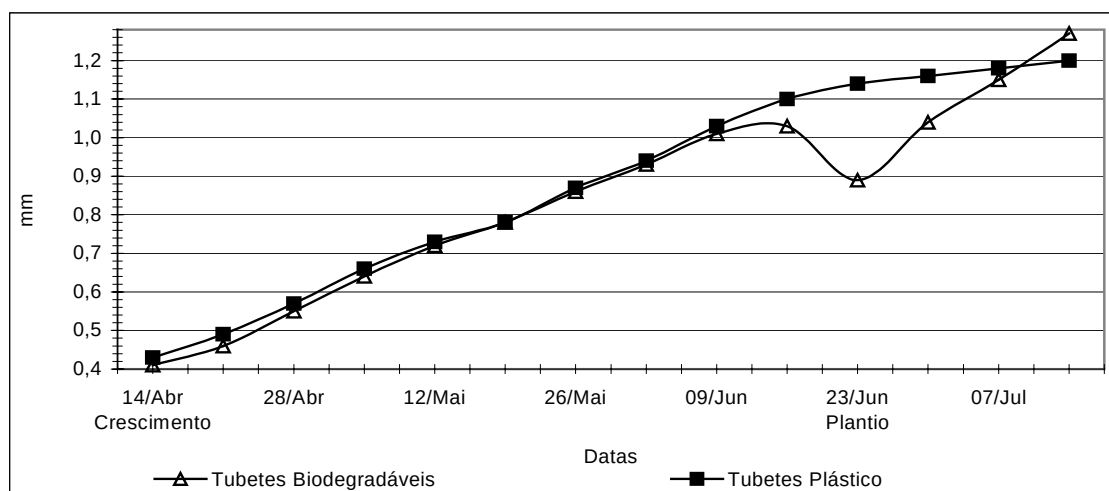


Figura 16: Médias dos diâmetros dos colos das mudas nos dois tipos de tubetes ao longo das treze semanas após o raleamento.

Os valores de comprimento do sistema radicular das mudas dos tubetes de plástico apresentam-se sempre superiores aos dos tubetes biodegradáveis (Figura 17). Fato este já esperado pois estes tubetes são mais longos que os tubetes biodegradáveis. Entretanto, verifica-se que após o plantio, as mudas dos tubetes biodegradáveis apresentaram um aumento expressivo desta característica. Observou-se, na operação de lavagem das raízes, que estas ultrapassaram a parede dos tubetes biodegradáveis e, continuaram a crescer sem nenhum estresse. Já as raízes das mudas do tubetes de plástico podem ter sofrido danos no ato de arrancada dos recipientes, resultando na estagnação do crescimento até o reestabelecimento deste órgão.

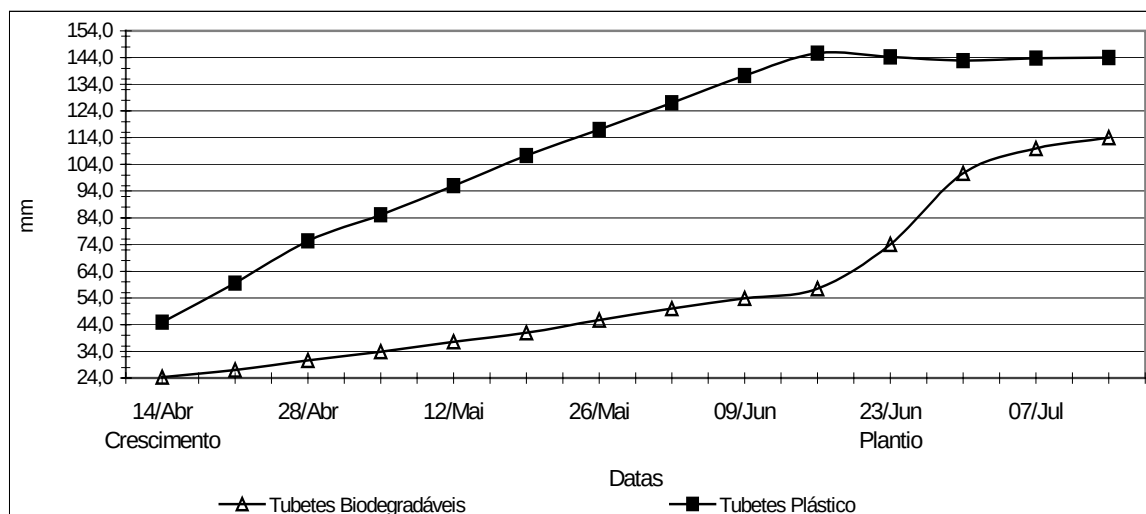


Figura 17: Médias dos comprimentos dos sistemas radiculares das mudas nos dois tipos de tubetes ao longo das treze semanas após o raleamento.

Na Tabela 06, também verifica-se o mesmo comportamento que é sugerido na Figura 17 e, evidencia que à partir do plantio o comprimento do sistema radicular das mudas nos dois tipos de tubetes não diferem estatisticamente, com diferença mínima de 5%.

Tabela 06: Médias do comprimento dos sistema radicular das mudas de aroeira nos dois tipos de tubetes nas últimas datas após o plantio. Teste Tukey.

Comprimento do Sistema Radicular (mm)		
Datas após plantio	Tubete	
	Biodegradável	Plástico
09/06 (plantio)	53,9 bcd	137,3 ab
16/06	57,5 bc	145,6 a
23/06	74,1 b	144,2 a
30/06	100,7 a	142,9 a
07/07	110,0 a	143,8 a
14/07	114,0 a	144,0 a

Obs.: médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si ao nível de significância indicado, à partir do maior valor.

Diferença Mínima Significativa 5% = 22,64094

4.5. Análise química dos tubetes biodegradáveis e do substrato

Os resultados das análises químicas estão demonstrados na tabela 07 .

Tabela 07: Análise química dos tubetes biodegradáveis antes e depois de serem utilizados na fase de viveiro (treze semanas após o raleamento) e do substrato antes do uso.

	Tubetes Biodegradáveis		Substrato (início)
	Antes do uso	Após treze semanas	
Componentes	percentagem na Massa Seca		
N	0,27	2,60	1,13
P ₂ O ₅	0,20	0,20	0,43
K ₂ O	0,12	0,11	0,25
Umidade	9,00	52,80	51,93
Matéria Orgânica	93,00	80,00	66,00
C	51,67	44,50	36,70
Ca	0,09	0,55	0,68
Mg	0,04	0,40	0,84
S	0,04	0,18	0,22
mg Kg ⁻¹ na massa seca			
Fe	134	3150	12500
Cu	1014	1025	62
Na	120	100	240
Zn	176	214	468
Mn	66	84	118
pH	4,00	5,70	4,47
C/N	191/1	17/1	32/1

Verifica-se na Tabela 07 que a maioria dos valores dos componentes químicos analisados dos tubetes biodegradáveis aumentou no intervalo de uso, exceto o Carbono, o Fósforo, o Potássio e o Sódio. Os resultados mostram-se assim devido ao fato do

material dos tubetes biodegradáveis possuir certa porosidade e também uma característica esponjosa, o que permitiu a adsorção de água e alguns minerais que foram lixiviados do substrato e depositados na parede dos tubetes quando ocorreu a evaporação da água. O fato da percentagem de Fósforo e Potássio continuarem a mesma faz crer que a fertirrigação utilizada supriu as necessidades das mudas. O Carbono e a Matéria Orgânica são componentes essenciais para a formação de novos órgãos da planta através da fotossíntese e, verificou-se que houve pequena redução destes dois componentes nos tubetes, entretanto é importante lembrar que o substrato utilizado também possuía estes componentes que estavam mais facilmente disponibilizados as mudas devido a sua proximidade. Mesmo com esta disponibilidade facilitada a planta utilizou estes componentes dos tubetes, mostrando que já houve uma pequena biodegradação dos tubetes ainda na fase de viveiro.

A umidade de 9% corresponde à dos tubetes secos antes da semeadura e 52,8% à dos tubetes coletados no viveiro, onde estavam sendo irrigados diariamente. Nota-se, também, ligeiro aumento de pH que é compatível com o desenvolvimento das mudas.

Dois fenômenos importantes podem ser observados na tabela 07, o aumento da quantidade de Ferro e o alto teor de Sódio nos tubetes. A única explicação plausível para este aumento no Ferro remete a lixiviação deste mineral do substrato, adsorvido pelo tubete biodegradável, fato este comprovado pelo alto teor deste mineral diagnosticado da análise química do substrato (12500 mg Kg^{-1}). Os substratos comerciais atuais possuem basicamente em sua composição casca de Pinus, Eucalyptus e vermiculita que são ricos em Ferro, portanto quando da sua degradação existe grande disponibilidade deste mineral.

Já a alta concentração de sódio pode somente ser aceita como sendo parte da composição do material utilizado na confecção dos tubetes biodegradáveis, pois a fertirrigação e o substrato também forneceram este mineral. Segundo a Tabela 06, como houve pequena redução no teor deste mineral nos tubetes biodegradáveis pode-se inferir que tanto o substrato quanto a fertirrigação supriram as necessidades da planta, que também consumiu Sódio dos tubetes. Segundo Tavora et al (2001), em um trabalho com goiabeira, a salinidade do meio utilizado reduziu a área foliar em 92%, a altura da planta e o número de folhas apresentaram reduções intermediárias de 86 e 84%, respectivamente. Macedo et al (2002) relatam que valores próximos a 300mM de NaCL no meio utilizado, causavam completo comprometimento dos brotos iniciais de abacaxizeiro, com 100% de morte. Dessa

forma, apesar das mudas dos tubetes biodegradáveis não terem sido prejudicadas, fica relatada a importância da salinidade nos tubetes biodegradáveis que deve ser um ponto importante para futuras pesquisas.

4.6. Avaliação econômica

A partir dos custos reais gastos na pesquisa, realizou-se o custo operacional do sistema de produção para 1000 mudas de maneira indireta e, também, uma simulação de custos de produção para 250.000 por ano, sempre comparativa entre os dois tipos de tubetes.

4.6.1 Custo operacional do sistema de produção de mudas

A Tabela 08 descreve os custos de produção utilizados para aroeira, nos dois tipos de tubetes calculado por milheiro de mudas. É importante lembrar que estes custos foram calculados à partir do término do período de germinação (30 dias) na casa de vegetação.

Tabela 08: Comparação do custo operacional da produção de 1000 mudas de aroeira, com tubetes biodegradáveis e de plástico.

Ítem	Unidade	R\$	Quantidade		Valor R\$		Participação %	
			Bio	Plástico	Bio	Plástico	Bio	Plástico
MATERIAIS	1.000 tubetes							
Substrato	m ³	160,00	0,03	0,06	4,32	8,80	25,87	41,66
Irrigação	m ³	1,93	1,99	3,06	3,84	5,91	22,99	27,96
Adubação	g	0,001	338	520	0,34	0,52	2,02	2,46
Subtotal	-	-	-	-	8,50	15,23	50,89	72,07
MÃO-DE-OBRA	1.000 tubetes							
Lavagem dos tubetes	tubetes/homem/dia	30,00	0	25	0	1,20	0,00	5,68
Colocação dos tubetes nas bandejas	tubetes/homem/dia	30,00	10	20	3,00	1,50	17,97	7,10
Enchimento dos tubetes	tubetes/homem/dia	30,00	7,5	15	4,00	2,00	23,96	9,47
Semeadura	tubetes/homem/dia	30,00	25	25	1,20	1,20	7,19	5,68
Subtotal	-	-	-	-	8,20	5,90	49,11	27,93
TOTAL	-	-	-	-	16,70	21,13	100	100

O ciclo normal de crescimento da aroeira (*Schinus terebintifolius* Raddi) é de 60 dias. Com o uso dos tubetes biodegradáveis o ciclo diminuiu para 39 dias. Em ambos os ciclos exclue-se o período de germinação das sementes, que é de 30 dias. Essa diminuição no ciclo de produção de mudas é de suma importância para o produtor pois, o custo total de um viveiro de mudas é diretamente relacionado a sua produção. A diminuição do ciclo das mudas possibilita um aumento de produção anual de um viveiro refletindo positivamente em seu custo.

Observando a Tabela 08, verifica-se a ausência de custos no item lavagem dos tubetes biodegradáveis. Estes tubetes são recipientes plantáveis, portanto não há como serem reaproveitados mas eliminam a fase de lavagem.

Nos itens colocação de tubetes nas bandejas e enchimento existe diferença, sendo é necessário um maior cuidado com os tubetes biodegradáveis, pois as bandejas utilizadas não são desenvolvidas de maneira a otimizar o uso destes demandando maior mão-de-obra. Uma solução para este problema seria o desenvolvimento de bandejas apropriadas aos tubetes biodegradáveis, o que também refletiria em menores perdas, visto que alguns tubetes escorregaram.

Ainda com relação a mão-de-obra, nota-se o baixo valor gasto, isto ocorre devido a pequena quantidade de tubetes utilizados para o cálculo (1000). Estes valores foram obtidos dividindo-se o custo diário pelo número de tubetes processados.

A irrigação e adubação diferem entre os dois tratamentos, pois as mudas dos tubetes biodegradáveis podem ir a campo com três semanas de antecedência, já que este tipo de recipiente confere uma proteção extra as raízes das mudas. Portanto, existe um ganho ou otimização da irrigação e adubação, pois um novo lote de mudas poderá ser fertirrigado com a solução que seria consumida nestas três semanas.

Além disso, os valores das adubações são baixos nos dois tipos de tubetes, pois em apenas uma das três irrigações diárias foi utilizado o adubo.

Existe também uma diferença na quantidade e valor de substrato utilizado nos diferentes tipos de tubetes. Como o volume dos tubetes biodegradáveis é reduzido à cerca de 50% do volume dos tubetes de plástico, ocorre também, uma redução na quantidade de substrato utilizado resultando em 16% de diferença na participação final dos custos. Para a quantidade de tubetes produzidos este valor pode não ser tão significativo, mas numa produção em escala maior certamente haverá economia de substrato.

Com relação às perdas, não é possível custeá-la pois, para tal seria necessário saber o valor unitário dos tubetes biodegradáveis, porém em números reais as perdas giraram em torno de 9% do total dos tubetes biodegradáveis, enquanto que para os tubetes de plástico as perdas foram nulas. As perdas dos tubetes biodegradáveis ocorreram principalmente porque estes não aderiram bem às bandejas, pois estas tinham seus orifícios de forma quadrada enquanto que os tubetes tinham conformação redonda, este fato provocava a quebra sua da borda que os mantinha fixos às bandejas.

4.6.2 Simulação de produção

Com base nos custos reais de produção, a simulação para produção de 250.000 mudas por ano foi feita objetivando verificar a amplitude das diferenças encontradas entre os dois tipos de tubetes em uma situação real

Tabela 09: Simulação comparativa da produção de 250.000 mudas de aroeira em tubetes biodegradáveis e tubetes de plástico.

Item	Unidade	R\$	Quantidade		Valor R\$		Participação %		Custo mensal	
			Bio	Plást.	Bio	Plást.	Bio	Plást.	Bio	Plast.
MATERIAIS										
Substrato	m³	160,00	6,75	13,75	1080,00	2200,00	6,70	8,79	135,00	183,33
Irrigação	m³	2,45	2996,25	4590,00	7340,81	11245,50	45,52	44,94	917,60	937,13
Adubação	g	0,001	507000	780000	507,00	780,00	3,14	3,12	63,38	65,00
Subtotal	-	-	-	-	8927,81	14225,50	55,36	56,84	1115,98	1185,46
MÃO-DE-OBRA										
Salário (dois funcionários)	mês	450,00	16	24	7200,00	10800,00	44,64	43,16	900,00	900,00
Subtotal	-	-	-	-	7200,00	10800,00	44,64	43,16	900,00	900,00
Observações										
Duração do ciclo	dias	-	39	60	-	-	-	-	-	-
Meses de produção	mês	-	8	12	-	-	-	-	-	-
TOTAL	-	-	-	-	16127,81	25025,50	100	100	2015,98	2085,46

Observando-se a Tabela 09 de simulação para produção de 250.000 mudas/ano, há uma semelhança dos custos para tubetes de plástico e biodegradáveis. Esta semelhança termina no item onde há diferença de tempo de produção para atingir as 250.000 mudas. Todos os custos dos tubetes de plástico são prolongados por mais 4 meses, resultando em uma diferença de R\$ 9.000,00, ou seja, R\$ 2.250,00 por mês.

Outra vantagem da produção com tubetes biodegradáveis é a possibilidade do aumento da produção utilizando-se o mesmo período de tempo. Com um ciclo de 39 dias, a produção anual passaria de seis ciclos para nove ciclos de mudas.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

5.1. Caracterização do material dos tubetes biodegradáveis

Como parte inicial da caracterização deste novo material, os testes realizados mostraram a utilidade do conhecimento das resistências mecânicas na rotina de manuseio dos tubetes, pois notou-se que a retirada dos tubetes biodegradáveis das bandejas foi facilitada empurrando-os para cima, ao invés de puxá-los para cima.

Existe ainda a necessidade de produção de uma bandeja suporte adequada aos tubetes biodegradáveis que reduziria as perdas ocorridas no experimento (9%). Sendo assim, de acordo com as especificações de resistência mecânica que serão empregadas na bandeja, deverá se procurar um material viável economicamente.

A análise química dos tubetes apresentou uma característica importante; o material dos tubetes funciona como uma "esponja" que promove a retirada de água do substrato levando consigo parte dos minerais, registrando o aumento dos níveis destes minerais nos tubetes causado pela evaporação. Talvez possa haver redução da adubação no ato do plantio, resultando em economia energética (mão-de-obra) e nos custos de produção.

5.2. Análise de crescimento

A análise de crescimento utilizada para avaliar os tubetes biodegradáveis na produção de mudas de aroeira, comprovou o esperado, ou seja, que quando utilizados os tubetes biodegradáveis existe a possibilidade de redução no ciclo das mudas, pois estes fornecem uma proteção aos sistema radicular.

Mesmo tendo como volume a metade dos tubetes de plástico, o sistema radicular das mudas acondicionadas nos tubetes biodegradáveis adquiriu comprimento, após o plantio, semelhante as mudas dos tubetes de plástico. Fica então comprovada a eficácia dos tubetes biodegradáveis quanto a redução do estresse sofrido pelo sistema radicular no ato do transplante das mudas e o não comprometimento com comprimento reduzido das raízes devido ao volume reduzido dos tubetes.

Observou-se, na operação de lavagem das raízes, que estas ultrapassaram a parede dos tubetes biodegradáveis e continuaram a crescer sem nenhum estresse. Já as raízes das mudas dos tubetes de plástico podem ter sofrido danos no ato de arrancada dos recipientes, resultando na estagnação do crescimento até o reestabelecimento deste órgão.

Esta pesquisa mostra que os padrões de mudas foram alterados, pois as mudas dos tubetes biodegradáveis não necessitam de um sistema radicular rustificado, portanto o termo mais apropriado às mudas produzidas em tubetes biodegradáveis define-se por " muda precoce", no sentido do plantio antecipado.

5.3. Custos de produção

Tanto o custo operacional do sistema de produção da pesquisa (base de cálculo de 1.000 mudas) quanto a simulação (base de cálculo de 250.000 mudas) mostraram as vantagens reais em se utilizar tubetes biodegradáveis. Entre os fatores favoráveis, cita-se:

- 1) a redução (50%) na quantidade de substrato utilizado nos tubetes biodegradáveis, resultando em economia e otimização dos insumos da produção.

- 2) a possibilidade de aumento de produção no mesmo período de tempo, devido a redução no ciclo das mudas dos tubetes biodegradáveis, tornando o viveiro mais competitivo comercialmente.

6. CONCLUSÕES

A amostragem dos corpos de prova mostrou ter uma homogeneidade dentro dos níveis aceitáveis para este tipo de material e ficou comprovado melhor resistência à flexão.

A análise de crescimento mostrou que o uso dos tubetes biodegradáveis como recipiente na produção de mudas de aroeira mostrou-se eficaz, sendo importante lembrar que ocorreram adequações na produção de acordo com as necessidades.

Tanto do ponto de vista fisiológico quanto do econômico-energético os tubetes biodegradáveis mostraram grande capacidade de substituir os tubetes de plástico quando utilizadas mudas de aroeira.

Novas pesquisas devem ser feitas com finalidade de se comprovar a utilidade deste novo material quando utilizado em outras espécies, pois trata-se de um produto que por si só já apresenta a vantagem de ser biodegradável e de ser confeccionado com resíduos, agregando valores e diminuindo a dependência dos materiais que tem como base combustíveis fósseis.

A análise econômica mostrou que a produção de mudas de aroeira em tubetes biodegradáveis é extremamente vantajosa quando comparada com a produção em tubetes de polietileno.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – NBR 10520: 2002. Informação e documentação – Citações em documentos - Apresentação. 2002, Rio de Janeiro: Associação brasileira de normas técnicas. 7 p.

ABNT – NBR 6023: 2002. Informação e documentação – Referências – Elaboração. 2002, Rio de Janeiro: Associação brasileira de normas técnicas. 24 p.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 248p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: FUNEP, 1986. 42p.

BRISSET, J. C.; BARNET, J. P.; LANDIS, T. D. Container seedlings. In: DURYEA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (Ed.). **Forest regeneration manual**. Netherlands: Klumer Academic Publishers, 1991. p.117-142.

FARIA, J. M. R. Propagação de espécies florestais para a recomposição de matas ciliares. In: **Simpósio “mata ciliar”**: ciência e tecnologia, 1., 1987, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/FAEPE/CEMIG, 1987. p. 69-80.

GOLDEMBERG, J. Recuperação de áreas degradadas. **Estado de São Paulo**, São Paulo, 22 nov. 2002. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ciencia/colunas/aspas/2002>> Acesso em: 26 maio 2004.

GONÇALVES, W.; OLIVEIRA, M.O. Como produzir mudas arbóreas de valor comercial. In: **Manual de mudas arbóreas de valor comercial**. Viçosa: CPT, 1998. p.7.

IATAURO, R.A. Avaliação de tubetes biodegradáveis para a produção e o acondicionamento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. Botucatu, 2001. 33p. **Monografia**. Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

JOSÉ, A. C. Utilização de mudas de espécies florestais produzidas em tubetes e sacos plásticos para revegetação de áreas degradadas. Lavras, 2003. 101 p. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

LEÃO, A. L. Viabilidade técnica da produção de compósitos não-estruturais à base de lignocelulósicos. Botucatu, 1997. 144p. **Tese** (Livre Docência). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil/Harri Lorenzi. Nova Odessa, SP: Plantarum, 1992.

LORENZO, J. S.; GRIFFITH, J. J.; JUCKSCH, I.; SOUZA, A. L.; REI, M. G. F.; VALE, A. B. A Fotosociologia para recuperar área de lavra. In: **Ambiente**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 26-34, 1994.

MACÊDO, C. E. C.; NÓBREGA, F. S.; MARTINS, C. P.; LOPES, D. B.; ALLOUFA, M. A. I. Determinação de doses de NaCl para a realização de seleção *in vitro* de plantas de abacaxizeiro mais tolerantes à salinidade. In: **XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 2002, Belém. **Anais...** Belém: UFPL, 2002.

MANO, E. B. Polímeros como materiais de engenharia. São Paulo: Editora Edgard blücher LTDA. 2000. 197p.

MARTINS, D. O clima da região de Botucatu. In: **Encontro de estudos sobre a agropecuária na região de Botucatu**, 1989. Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA-UNESP, p. 8-19, 1989.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes – métodos oficiais. In: (manual) **Método do laboratório nacional de referência vegetal**: Ministério da Agricultura – Secretaria nacional de defesa agropecuária, 1988.

NOGUEIRA, M. C. S.; PIEDADE, S. M. S. Curso de estatística experimental aplicada à experimentação agrônômica - Sequência de telas do "SANEST". Piracicaba, SP. Universidade de São Paulo, 1992. 121p.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Revista Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 64-72, 1994.

OWSTON, P. Target seedling specification: are stocktype designation useful?. In: **Target seedling symposium; meeting of the western forest nursery association**, 1990, **Proceedings...** Oregon: USDA, 1990. p. 9-17.

RIBEIRO, T. R. A. A. Estudo da utilização de embalagens multifoliadas para a produção de painéis. Botucatu, 1998. 97p. **Dissertação** (Mestrado). Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

SILVA, M. R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden. Botucatu, 2003. 100 p. **Tese** (Doutorado). Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

TÁVORA, F. J. A. F.; FERREIRA, R. G.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p. 441-446, 2001.

TINUS, R. W.; OWSTON, P. W. Physiology research mad forestation with container-grown seedlings successful. In: DURYEA, M. L.; BROWN, G. (Ed.) **Seedling physiology and reforestation success**. Netherlands: Martinus Nijhoff, 1984. p. 143-155.