UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Pinus oocarpa* SCHIEDE EM DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS E DE ADUBAÇÃO

JOSÉ MAURO SANTANA DA SILVA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP
Junho - 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Pinus oocarpa* SCHIEDE EM DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS E DE ADUBAÇÃO

JOSÉ MAURO SANTANA DA SILVA
Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. Antonio Evaldo Klar

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Irrigação e Drenagem

BOTUCATU-SP
Junho – 2007

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

Silva, José Mauro Santana da, 1967-
S586c Crescimento de mudas de Pinus oocarpa Schiede em diferentes condições hídricas e de adubação / José Mauro Santana da Silva. - Botucatu : [s.n.], 2007.
xvi,, 53 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2007
Orientador: Antonio Evaldo Klar
Inclui bibliografia

1. Pinus oocarpa. 2. Plantas - Fertilização. 3. Condições hídricas. 4. Mudas. I. Klar, Antonio Evaldo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"CRESCIMENTO DE MUDAS DE Pinus oocarpa SCHIEDE EM DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS"**

ALUNO: JOSÉ MAURO SANTANA DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO EVALDO KLAR

Aprovado pela Comissão Examinadora

PROF. DR. ANTONIO EVALDO KLAR

PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD

PROFª DRª MAGALI RIBEIRO DA SILVA

PROF. DR. MARCIO DA SILVA ARAÚJO

PROF. DR. GERALDO GONÇALVES DOS REIS

Data da Realização: 21 de junho de 2007.

“Quando eu crescer quero apenas ser bom
com as pessoas e com as coisas que eu for fazer”

João Vitor Rocha Santana

AGRADECIMENTOS

Iniciar agradecendo a DEUS soa redundante, simplório e fácil para muitos. Para um cristão que busca a condição de servo e amigo é prova que os dois primeiros mandamentos bíblicos não são os primeiros por acaso.

À minha esposa Cidinha, pelo incentivo e pela dedicação durante todo o período de preparação dessa tese, para que eu pudesse finalmente cumprir mais essa etapa de treinamento.

Ao professor Antonio Evaldo Klar, meu orientador e amigo mesmo antes do início do doutorado.

À professora Magali Ribeiro da Silva, pelo incentivo desde a época em que a conheci junto ao professor Klar.

Aos professores membros da banca de defesa do doutorado, Márcio da Silva Araújo, João Carlos Cury Saad e Geraldo Gonçalves dos Reis, por aceitarem o convite de participação nesse trabalho.

Aos amigos Saulo, Jonas e Eyad, do Departamento de Engenharia Rural da Unesp, pela amizade e pelo auxílio incondicional na coleta de dados no campo e laboratório, e pelas caronas nas idas e vindas à Botucatu.

À turma do T.R.A. de Viçosa – MG nos mais de vinte anos de história com o crescimento profissional ao longo dessa jornada.

À Universidade Estadual Paulista, pela oportunidade de realização do curso de doutorado em Irrigação e Drenagem.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

A meu filho João Vitor que precisou esperar a finalização dessa tese para brincarmos sem pressa.

A Edson Dionízio na finalização da análise estatística.

BIOGRAFIA

JOSÉ MAURO SANTANA DA SILVA, filho de José Marota da Silva e Zilda Santana da Silva, nasceu em Viçosa, Estado de Minas Gerais, em 08 de maio de 1967.

Em janeiro de 1993, graduou-se em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa. Em fevereiro de 1993, iniciou aperfeiçoamento científico em Entomologia Florestal e, em fevereiro de 1994, em Ecologia e Silvicultura, no Laboratório de Ecologia e Fisiologia Florestal do Departamento de Engenharia Florestal da UFV.

Em março de 1995, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal, na área de Silvicultura e Manejo Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

De setembro de 1997 a fevereiro de 2003 foi supervisor de Desenvolvimento Silvicultural da Duratex S.A.

Em Agosto de 2003 iniciou o curso de doutorado em Agronomia com área de concentração em Irrigação e Drenagem no campus de Botucatu, concluindo em junho de 2007.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS xi
LISTA DE FIGURAS xii
RESUMO xiii
SUMMARY xv
1.INTRODUÇÃO 1
2.REVISÃO DE LITERATURA 3
2.1 Descrição da espécie 3
2.2 Desenvolvimento silvicultural 5
2.3 Água na planta 7
2.4 Manejo de mudas em viveiro 9
3.MATERIAL E MÉTODOS 12
3.1 Localização do experimento 12
3.2 Estrutura física da casa de vegetação 13
3.3 Montagem dos experimentos 13
3.3.1 Avaliação de níveis freáticos e adubação no desenvolvimento de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede 13
3.3.1.1 Produção das mudas 15
3.3.1.2 Avaliação da matéria seca das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes níveis freáticos 16
3.3.2. Crescimento vegetativo das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em vasos na presença e ausência de adubação N-P-K, com e sem défice hídrico 17
3.4 Medição de parâmetros hídricos das plantas 19
3.4.1 Potencial hídrico 19
3.4.2 Teor relativo de água (TRA %) 19
3.5 Sobrevivência e desenvolvimento inicial no campo 19
3.6 Condições climáticas dos experimentos 20
3.6.1 Temperaturas internas e externas 20
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO 23

4.1 Avaliação de Níveis freáticos e adubação no desenvolvimento de mudas de Pinus oocarpa Schiede....23
4.1.1 Incremento em altura das mudas 23
4.1.2 Incremento em diâmetro 26
4.1.3 Relação parte aérea-sistema radicular....29
4.1.4 Massa seca da parte aérea das mudas 30
4.1.5 Massa seca do sistema radicular 31
4.1.6 Teor relativo de água (TRA)....34
4.2 Avaliação do desenvolvimento das mudas de Pinus oocarpa em vasos com adubação e subirrigação 35
4.2.1 Altura das mudas 35
4.2.2 Diâmetro das mudas....38
4.2.3 Teor relativo de água 40
4.2.4 Potencial hídrico 42
4.3 Desenvolvimento inicial das mudas no campo 44
5. CONCLUSÕES....47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48
APÊNDICES 54

LISTA DE TABELAS

Tabela **Página**

1. Resultado da análise química e física do solo utilizado na montagem do experimento.....15
2.Valores iniciais de diâmetro e altura das mudas de *Pinus oocarpa* plantadas em diferentes níveis freáticos 56
3.Valores iniciais de diâmetro e altura das mudas de *Pinus oocarpa* plantadas nos vasos.....57
4. Dados metereológicos de Botucatu coletados no período de avaliação do ensaio.....58
5. Resultado da análise estatística de parte aérea de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em diferentes níveis freáticos. 60
6. Volume de água (mm) acrescentado aos diferentes tratamentos ao longo do ensaio.....55

LISTA DE FIGURAS

Figura **Página**

1. Representação do ensaio de níveis freáticos e adubação de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede, instalado em casa de vegetação 14

2. Amostra de solo de uma seção de sete centímetros de altura, para avaliação do sistema radicular das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede ao final do experimento 16

3. Montagem inicial do experimento em vasos com subirrigação e adubação de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede 18

4. Temperaturas máximas diárias externas (T MAX E), temperaturas mínimas externas (T MIN E), temperatura máximas internas (T MAX) e temperaturas mínimas internas (T MIN) avaliadas ao longo do período do experimento 21

5. Temperaturas máximas internas (T MAX) e precipitação diária (chuva) avaliados ao longo do período do experimento 22

6. Evapotranspiração diária (mm) dentro da casa de vegetação ao longo do ensaio 22

7. Incremento da altura (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos ao longo do ensaio, avaliados pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância 24

8. Altura total das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos tratamentos adubados e não adubados, avaliados pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância 25

9. Altura final (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos tratamentos de níveis freáticos 26

10. Diâmetro à altura do colo (cm) de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos ao final do experimento 27

11. Incremento em diâmetro (cm) dos diferentes níveis freáticos nos tratamentos ao longo do ensaio, avaliados pelo teste de Tukey a 5% de significância.....28

12. Diâmetro de colo (cm) dos tratamentos adubados e não adubados de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede ao final do experimento, avaliados pelo teste de Tukey a 5% de significância 29

13. Relação da Matéria seca (g) da parte aérea e sistema radicular de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em diferentes níveis freáticos na presença e ausência de adubação de cobertura.30

14 . Massa seca final (g) da parte aérea das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos. 31

15. Massa seca (g) do sistema radicular de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos 31

16. Massa seca (g) das raízes das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em diferentes profundidades em relação à superfície do solo, nos diversos tratamentos 32

17. Massa seca médio (g) das raízes de *Pinus oocarpa* Schiede em diferentes profundidades em relação à superfície do solo 33

18. Teor relativo de água (%) de acículas de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede ao final do experimento em diferentes níveis freáticos.....34

19. Ajuste quadrático da evolução das alturas das mudas (cm) de *Pinus oocarpa* Schiede ao longo do experimento sem restrição hídrica 35

20. Incremento em altura (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede ao longo do ensaio nos tratamentos com e sem défice hídrico, analisados pelo teste de Tukey a 5% de significância 36

21. Incremento em altura (cm) de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede na presença e ausência de adubação de cobertura ao longo do ensaio, avaliado pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância 37

22. Incremento em altura (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos ao longo do ensaio, avaliado pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância 37

23. Incremento em diâmetro a altura do colo (cm) nas mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos em vasos 38

24. Ajuste quadrático do incremento do diâmetro das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede a partir do início do experimento sem restrição hídrica 39

25. Incremento médio do diâmetro (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos tratamentos com e sem défice hídrico ao longo do ensaio. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância 40

26. Teor relativo de água (%) nas acículas de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diversos tratamentos ao longo do experimento 41

27. Teor relativo de água médio (%) nas acículas de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diversos tratamentos ao longo do experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância 42

28. Potencial hídrico (Bar) de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede ao longo do experimento em condições de ausência e presença de défice hídrico e adubação N-P-K, avaliadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância 43

29. Altura média (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede aos 10 meses de idade nos diferentes tratamentos, avaliadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância....45

30. Diâmetro médio (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede aos 10 meses de idade nos diferentes tratamentos, avaliadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.....46

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo comparar o desenvolvimento final de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em diferentes profundidades de níveis freáticos na presença e ausência de adubação de cobertura.O ensaio foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Engenharia Rural no campus da Unesp-Botucatu em uma casa de vegetação com cobertura em vidro. Foram instalados dois experimentos avaliando a biomassa, o desenvolvimento em altura e diâmetro a altura do colo das mudas. O primeiro, com níveis freáticos de 17 cm, 31 cm e 45 cm de profundidade na presença e ausência de adubação N-P-K. O segundo com 28 vasos plásticos com capacidade volumétrica de 12 litros e três mudas de *Pinus oocarpa* Schiede e os tratamentos (1. sem défice hídrico e sem adubação; 2. com défice hídrico e sem adubação; 3. sem défice hídrico e com adubação; 4. com défice hídrico e com adubação), com o objetivo de avaliar além do desenvolvimento em altura e diâmetro de colo, o potencial hídrico e teor de relativo de água das plantas. Os resultados dos níveis freáticos demonstram que, para desenvolvimento das plantas, a adubação das mudas e nível de 31 centímetros foi superior ao nível freático de 17 cm sem adubação de cobertura. Os tratamentos adubados apresentaram maiores valores de altura e diâmetro das mudas comparados aos tratamentos não adubados, em avaliação pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Em relação à massa seca das mudas, constatou-se que os melhores tratamentos foram os níveis freáticos de 31 e 45 cm. O sistema radicular das mudas foi decrescente em

massa seca de raízes, com o aprofundamento no perfil do solo. O tratamento com nível freático de 31 cm com adubação foi superior pelo teste de Tukey a 5% de significância e o tratamento com nível freático 17 cm sem adubação inferior na avaliação da massa seca (g) de raízes. Os outros tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. No experimento instalado em vasos não houve efeito da irrigação sobre o desenvolvimento em altura das mudas entre os tratamentos, mas na avaliação conjunta, os tratamentos adubados tiveram desenvolvimento superior aos não adubados. O teor relativo de água não variou significativamente entre os tratamentos. O potencial hídrico e o teor relativo de água demonstraram que as mudas de *Pinus oocarpa* responderam significativamente à adubação N-P-K e ao controle de irrigação.

Palavras-chave: *Pinus oocarpa*, irrigação, fertilização.

***Pinus oocarpa* SHIEDE SEEDLING GROWING UNDER DIFFERENT HYDRIC AND FERTILIZATION SITUATIONS.** Botucatu, 2007. 53p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista

Author: JOSÉ MAURO SANTANA DA SILVA

Adviser: ANTONIO EVALDO KLAR

SUMMARY

The aim of this work was to compare the final development of *Pinus oocarpa* Schiede seedlings using tree different underwater depth and with or without coverage fertilization. The research was done inside on a glass green house at the UNESP – College of Agronomical Science, Rural Engineering Department (Botucatu – SP – Brazil). Two trials were done to evaluate biomass, seedling height and diameter development. The first trial, using underground water on 17 cm, 31 cm and 45 cm depth, with or without coverage fertilization with N-P-K. The second trial was done with 28 flowerpots (12 liters each) and 3 seedlings per unit. The experimental design, used to evaluate the height and diameter growth and hydric potential and relative plant water content, was: 1- without water deficit and without coverage fertilization; 2- with water deficit and without coverage fertilization; 3- without water deficit and with coverage fertilization; 4- with water deficit and coverage fertilization. The underground water result showed that 31 cm and fertilization was better for seedling growing rather that 17 cm and without fertilization.

The fertilized treatments showed higher plant high and diameter comparing to non fertilized samples, using Tukey test at 5%. For dry plant matter, the best results were obtained with 31 and 45 cm underground water level. The seedling root system dry mass was decrement along the soil profile.

The treatment with underground water of 31 cm and fertilization was superior according to Tukey test at 5% of probability and the treatment with underground water of 17 cm and without fertilization was inferior for root dry mass (g).

All the others treatment didn't have statistical differences. It didn't happen the irrigation effect on the plant high development; however the fertilized treatment had superior development compared to unfertilized samples. The relative water content didn't

change among treatments. The water hydric potential reviewed that as sensible to the N-P-K fertilization and water control.

Keywords: Pinus oocarpa, different hydric, fertilization situations

1. INTRODUÇÃO

O mercado florestal brasileiro vem crescendo com a melhoria da competitividade das empresas e principalmente da silvicultura brasileira, sendo o país detentor dos melhores índices de qualidade e produção florestal. A expansão da fronteira florestal abre perspectiva de plantio de florestas em áreas de baixa fertilidade do solo e com declividade considerada inadequada para a mecanização agrícola. No ano de 2005 foram totalizados 5,242 milhões de hectares de florestas plantadas, somando o gênero *Eucalyptus* e na seqüência o gênero *Pinus*. Os levantamentos apontam uma área plantada de *Pinus* por empresas florestais de 1,824 milhões de hectares divididos em subtropicais, na região sul do Brasil e tropicais nas outras áreas em nove estados onde existem plantações (ABRAF, 2007). Como as florestas desse gênero possuem vantagens competitivas ligadas à tecnologia de produção, ou seja, florestas de elevada produtividade, todas as previsões indicam em aumento da área efetiva plantada para os próximos anos.

No estado de São Paulo, o predomínio de plantio é por *Pinus caribaea* var *hondurensis*, *Pinus oocarpa* Schiede e *Pinus elliotii*, espécies tropicais que se adaptaram bem as condições de solos pobres com baixo potencial agrícola. O incremento médio anual (IMA) dessas florestas é de, aproximadamente, 27 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$(ABRAF, 2007). Consideradas como espécies rústicas e de fácil manejo florestal propiciaram o plantio até mesmo sem as

adubações normais de plantio em solos pobres. Essa facilidade resultou em redução dos custos de adubação das florestas e, conseqüentemente, da produção florestal.

As mudas de *Pinus* em sua grande maioria, ainda são produzidas por processo seminal, com sementes oriundas de pomares de sementes clonais de primeira e segunda gerações. Essas mudas normalmente são produzidas em tubetes com um ciclo aproximado de cento e cinqüenta dias. O plantio das espécies tropicais no estado de São Paulo é feito sem a adubação de base, e o crescimento inicial e estabelecimento das mudas são bastante lentos se comparado, por exemplo, aos povoamentos com espécies do gênero *Eucalyptus.*

Percebe-se que essa operação de implantação poderia ser alterada, caso as mudas plantadas, conseguissem se expandir rapidamente no solo e absorver a adubação básica de plantio.

O objetivo desse trabalho foi estudar a relação de desenvolvimento radicular e da parte aérea das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede sob diferentes profundidades de níveis freáticos com e sem adubação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Durante os incentivos aos programas de reflorestamento com espécies exóticas, no início da década de 1970, grandes áreas de plantações de *Pinus oocarpa* Schiede foram estabelecidas, principalmente na região do Cerrado brasileiro, que compõe, aproximadamente, 25% do território nacional (Moura et al., 1998). No estado de São Paulo apresentava 146.474 hectares, perfazendo 8% da área florestal plantada (ABRAF,2007).

O gênero *Pinus*, pertencente à família *Pinaceae*, é composto por plantas lenhosas, em geral arbóreas, de altura que varia de 3 a 50 m. As plantas têm tronco reto, mais ou menos cilíndrico e copa em forma de cone. Possuem acículas, agrupadas em fascículos. Sua madeira apresenta massa específica que varia de 400 a 520 kg m^{-3}, a 15% de umidade. A cor da madeira do cerne varia do amarelo-claro ao alaranjado ou castanho-avermelhado (Lima et al., 1988). Algumas espécies de *Pinus* se incluem entre as árvores mais utilizadas no mundo.

2.1 Descrição da espécie

O *Pinus oocarpa* Schiede é uma espécie tropical que ocorre naturalmente, no México, Belize, Guatemala, Honduras e Nicarágua, em altitudes variando

geralmente de 700 a 2000 metros, em regiões com estações secas às vezes severas (Kemp, 1973). A sua madeira com densidade variando de 0,45 a 0,60 $g.cm^{-3}$, podendo ser utilizada para chapas de fibras, laminados e celulose de fibra longa. Não é uma espécie boa produtora de resina. Entre os pinus tropicais é a que apresenta maior tolerância ao frio. É recomendada para plantios comerciais nas regiões mais quentes (EMBRAPA, 1986).

Segundo Martinez (1948) o *P. oocarpa* Schiede pertence à Secção Serotina que engloba espécies que se caracterizam por apresentarem cones que não abrem suas escamas a um só tempo. Os Pinus pertencentes a essa Secção são divididos em três grupos principais: grupo oocarpa, grupo patula e grupos peninsulares. O grupo oocarpa compreende as espécies que apresentam cones simétricos, ovóides ou parcialmente ovóides e coloração vermelho-marron ou ocre. Esse grupo compreende o *P. oocarpa* Schiede e suas variedades: microphylla, manzanoi, trifoliata e ochoterenai.

Dentro do grupo oocarpa, vem tomando importância no cenário florestal mundial somente o *P. oocarpa* Schiede e o *P. oocarpa* var. *ochoterenai* Martinez.

Diversos autores têm se referido às populações procedentes de Belize como sendo *P. oocarpa* var. *ochoterenai* Martinez, como cita Martin (1973). Ferreira e Kageyama (1974) relatam a existência de árvores com características típicas de *P. oocarpa* Schiede ao lado de outras se assemelhando ao *P. oocarpa* var. *ochoterenai* numa mesma população.

Segundo Martinez (1948) o *P. oocarpa* var. *ochoterenai* distingue-se do *P. oocarpa* Schiede nos seguintes aspectos: Acículas em número de quatro a cinco, algumas vezes três, de cor verde amarelada e mais finas. A espécie típica tem acículas de coloração verde-claro, grossas e duras, com cinco acículas por fascículo; Possui cone leve, largamente ovóide e de coloração ocre com tonalidades avermelhadas. O *P. oocarpa* Schiede apresenta cones pesados, ovóides achatados ou globulosos e de coloração ocre com tonalidade verde; Os espinhos das escamas são dirigidos no sentido do ápice do cone. Na espécie típica, os espinhos dirigem-se no sentido do pedúnculo do cone; As suas escamas são mais numerosas, irregulares e rugosas enquanto que na espécie típica são em menor número, regulares e lisas.

Em estudos sobre os aspectos botânicos e ecológicos do *P. oocarpa* Schiede, Styles (1976) sugere que a variedade *ochoterenai*, originalmente descrita por Martinez, seja sinônimo de *Pinus patula* Schiede et Deppe.

2.2 Desenvolvimento silvicultural

Reissmann e Wisniewski (2000) relatam que as espécies de *Pinus* demonstram capacidade extraordinária de gerenciamento dos recursos nutricionais, em sítios de baixa fertilidade, sem, no entanto manifestar sintomas visuais de deficiência. Isso mostra que embora positivos esses aspectos, geraram expectativa que se mostrou negativa no sentido do manejo nutricional dessas espécies. A rapidez de crescimento e ausência de sintomas de deficiência, especialmente durante as primeiras rotações, reforçaram a expectativa de que os *Pinus* spp de modo geral dispensariam a adubação comercial, ou que esta fosse totalmente dispensável.

Em muitas áreas, onde a espécie ocorre naturalmente, há um período contínuo de até seis meses com médias de precipitação mensal inferiores a 50 mm (Rubira & Bueno, 1996).

Guittet, apud Millar (1974), estudou a velocidade de decomposição do "litter" em florestas de Pinus na França, e observou que o tempo necessário para que as acículas fossem incorporadas ao húmus era aproximadamente de dez anos. Mayer, também citado por Millar (1974), estimou em cerca de 17 a 31 anos o tempo necessário para a mineralização total do "litter" de *Picea abies*.

Para cada espécie de conífera percebe-se uma maior ou menor resistência à degradação, relacionada à lignina e certos compostos metabólicos das acículas. Em alguns casos, foi verificada a formação de substâncias tóxicas para os microrganismos decompositores. Além disso, os fatores do ambiente, de forma particular a temperatura e umidade, contribuem de forma acentuada na atividade microbiana, sendo que em regiões quentes e úmidas os microrganismos do solo apresentam atividade particularmente intensa. Conseqüentemente, as observações efetuadas em plantações de coníferas de regiões com

invernos frios e verões quentes e secos não podem ser generalizadas para a maioria das regiões ecológicas brasileiras (Penuelas & Ocanã Bueno, 1993).

As concentrações de NPK decrescem com a idade da folha, geralmente até 40% a 60% do teor inicial, à medida que a floresta envelhece, do primeiro ao quinto ano. Tais reduções são atribuídas a retranslocação, que constitui uma das principais fontes de nutrientes para as árvores. De uma forma geral, as folhas jovens são sempre mais ricas em nitrogênio, fósforo e potássio, porém pobres em cálcio, quando comparadas às folhas maduras. Entretanto, estudos mostraram que a eficiência da retranslocação não é determinada pela disponibilidade de nutrientes no solo, mas, a taxa de crescimento das árvores é o principal fator que controla a retranslocação em *Pinus* (Fife e Nambiar, 1982).

Wells e Jorgensen (1975) encontraram um suprimento de um terço das necessidades de N e de metade das necessidades de K para a formação de acículas novas a partir da transferência destes elementos provenientes das acículas senescentes de *Pinus.*

Na análise de densidade da madeira de espécies de Pinus tropicais, Harris (1973) revela que para essa característica o *P. oocarpa* Schiede mostra marcante similaridade com o *P. caribaea* Morelet. Em trabalho de Hardie e Ingram (1973) comparando o *P. oocarpa* Schiede com o *P. kesyia* Royle ex Gordon, relatam que a primeira espécie, além de revelar troncos mais retos, tem propriedades da madeira semelhantes ao *P. caribaea*.

Quanto à qualidade da madeira, poucos estudos tem sido conduzidos com o *P. oocarpa* Schiede. A exportação da madeira de populações naturais dessa espécie para os E.U.A. e para a Europa tem mostrado que a mesma é aceitável no mercado internacional. A utilização da madeira da espécie para indústria de celulose e papel tem sugerido uma boa qualidade para esse fim e uma equivalência em qualidade com as mais importantes espécies de pinus do Sul dos E.U.A (Embrapa, 1986).

Segundo Kemp (1973), um total de 30 países participaram de um teste de procedência internacional que foi conduzido com a espécie. Martin (1973), em descrição dos trabalhos de melhoramento genético, conduzidos no Congo-Brazaville, relatou a alta produção que foi obtida com o *P. caribaea* Morelet e o *P. oocarpa* Schiede, merecendo atenção especial no programa que foi conduzido naquele país.

A importância da espécie na África do Sul foi enfatizada por Moterson (1973), relatando que o *P. oocarpa* Schiede poderia ocupar real destaque em áreas

ecológicas intermediárias às que eram utilizadas para *P. caribaea* Morelet e *P. patula* Schiede et Deppe.

Poggiani et al. (1977) estudaram comparativamente, a respiração edáfica de uma área preservada de cerrado em relação a três talhões de espécies florestais exóticas implantadas na região de Agudos –SP. Os povoamentos florestais constituídos com as seguintes essências: *P. oocarpa* Schiede, *Liquidambar styraciflua* e *P. oocarpa* Schiede em consorciação com *Liquidambar styraciflua*. Apenas o talhão de Liquidambar evidenciou uma respiração edáfica mais intensa em relação ao talhão de Pinus. Não houve diferença significativa entre a respiração do solo coberto por vegetação de cerrado e a do talhão de Pinus. Percebeu-se que em todos os tratamentos evidenciaram de forma acentuada a influência das condições climáticas sobre a evolução do CO_2 do solo.

2.3 Água na planta

Quando é avaliado o desenvolvimento das plantas necessariamente precisamos entender os processos de crescimento ligados à absorção de água e elementos minerais. Em diferentes condições climáticas as plantas terão uma maior ou menor facilidade para absorver a água contida no solo.

Larcher, citado por Silva (2003), relata que, no balanço hídrico, a absorção e transporte de água na planta e a transpiração são processos básicos e a planta depende da configuração do seu sistema radicular para propiciar a absorção de água.

Quando a evapotranspiração é avaliada dentro de casa de vegetação, o valor é normalmente inferior ao verificado externamente, influenciado pela opacidade da cobertura plástica à radiação solar e à redução da ação dos ventos, que são os fatores principais da demanda evaporativa da atmosfera, embora a temperatura do ar e a umidade relativa, em alguns momentos, possam ser respectivamente maior ou menor no interior da estufa do que a céu aberto, o que refletiria na evapotranspiração. A diferença entre valores da evapotranspiração interna e externa varia de acordo com as condições meteorológicas e em geral no interior fica em torno de 60-80% do valor externo (Farias et al. 1993).

Dentre as respostas que buscam conduzir as plantas a economizar água para uso em períodos posteriores, destacam-se adaptações para evitar a desidratação, as quais desenvolvem mecanismos fisiológicos que permitem conservar a hidratação necessária para funcionar metabolicamente normal, e adaptações para suportar a desidratação, nestas as plantas não desenvolvem mecanismos fisiológicos que evitem a perda de água dos seus tecidos (Reichardt & Timm, 2004).

Nas plantas, as estruturas são desenvolvidas para suportar um nível de défice hídrico moderado e após a escassez hídrica, podem obter uma recuperação total, isto a nível morfofisiológico e molecular (Souza et al., 1982).

O estresse hídrico causa grande inibição da fotossíntese, tanto como conseqüência do fechamento dos estômatos, como em razão de efeitos deletérios diretos, em nível de cloroplastos. O fechamento dos estômatos contribui importantemente para reduzir as perdas de água durante limitada disponibilidade e, ou, alta demanda evaporativa (Kaiser, 1987). No entanto, esse fechamento dos estômatos provoca limitação no ingresso de dióxido de carbono e, conseqüentemente, um decréscimo na concentração intracelular de CO_2 (Björkman, 1989).

Uma quantidade de dióxido de carbono é produzida pela respiração, e tão logo a luz esteja disponível, ele pode ser utilizado para sustentar um nível muito baixo de fotossíntese, mesmo com os estômatos fechados (Raven et al., 2001).

A água é absorvida junto ao processo de transpiração por uma planta juntamente ao processo de fotossíntese. Assim como para fontes minerais e N, a competição por água entre plantas dentro da população de plantas é amplamente dirigida pela competição por luz (Reichardt e Timm, 2004). Além disso, a água não pode ser considerada exatamente como uma fonte para o crescimento, mas como um meio de dissipar o excesso de energia solar recebida pelas folhas para evitar o excesso de temperatura e dessecação do tecido da planta (Reis e Reis, 2003).

Portanto em alguns casos, as plantas podem se beneficiar do sombreamento pelas plantas vizinhas apenas por meio do decréscimo na sua própria demanda de água. Porém, tal efeito positivo não pode ser mantido após as fontes de água no solo serem exauridas. Em soluções, o potencial hídrico é afetado pela concentração de partículas dissolvidas (solutos), à medida que a concentração das partículas de soluto aumenta, o

potencial hídrico diminui. Na ausência da pressão que afete o potencial hídrico, as moléculas de água nas soluções se movem de regiões com concentrações de solutos mais baixas (maior potencial hídrico) para regiões com concentrações de solutos mais altas (Raven et al., 2001).

Assim a água passa do solo à planta e dessa para a atmosfera. A temperatura constitui importante fator abiótico determinante da distribuição, da adaptabilidade e da produtividade das plantas. A adaptabilidade das plantas a altas temperaturas pode ser medida em função de capacidade destas em manter a fotossíntese líquida sob temperaturas ótimas, ou acima do ótimo requerido para a fotossíntese liquida máxima (Larcher, 1995).

O estresse hídrico reduz a produção de matéria seca da parte aérea e radicular, a diminuição da taxa de transpiração e maior eficiência do uso da água (Ismael, 2001).

2.4 Manejo de mudas em viveiro

Higashi et al. (2005a), em experimento de avaliação nutricional de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, aos 45, 60, 75, 105 e 135 dias de idade, com mudas produzidas via sementes, em tubetes de polipropileno, contendo substrato Plantmax florestal determinaram a massa seca e análise química dos micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no tecido vegetal. Constatou-se que em todas as idades avaliadas, a seqüência de acúmulo de micronutrientes pelas mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foi de: Fe > Mn > Zn > B > Cu.

Na avaliação de macroelementos observa-se uma redução percentual com o aumento da idade da muda. As mudas com 45 dias apresentaram 5,16% de nutrientes totais, enquanto, as com 135 dias de idade, 4,27%. O máximo percentual de nutrientes em relação ao peso seco das mudas ocorreu na idade de 75 dias. Independente da idade das mudas, a quantidade acumulada de N e S foi maior nas acículas, representando, respectivamente, de 52,2 a 57,2% do total (Higashi et al., 2005b).

Observou-se que o Nitrogênio foi o macronutriente cujo maior acúmulo não ocorreu na idade de 135 dias. A redução da quantidade de N entre 105 e 135 dias de idade deve-se ao processo de maturação (rustificação.) das mudas. Nesta fase, as adubações de cobertura apresentam pequena dose ou até ausência de nitrogênio.

A mudança de adubação visa proporcionar maior rusticidade às mudas no plantio. O potássio apresentou comportamento similar ao nitrogênio e enxofre, sendo que em todas as idades avaliadas, as acículas apresentaram maior acúmulo em relação às demais partes (Higashi et al., 2005b).

Neto et al. (2003), em experimento de doses crescentes de fertilização de liberação controlada, comparada com adubação convencional e sem adubação com mudas de espécies pioneiras, *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var *caribaea* com os tratamentos, relatam pequeno crescimento da espécie de pinus mesmo em doses de adubação que a 6,42 kg/m³ de N-P-K 14-14-14 de liberação lenta aos 125 dias de idade. Isso se deveu provavelmente a lixiviação dos nutrientes devido ao tempo de liberação do adubo ser de 3 a 4 meses, reforçando a necessidade de adubação suplementar de cobertura utilizando nitrogênio e potássio.

Carlson (1983) apud Landis (1990) recomenda que a adubação nitrogenada de mudas de pinus ao longo da formação das mudas seja de 229 ppm na fase de crescimento e 45 ppm na fase de endurecimento ou aclimatação.

O condicionamento das mudas ao estresse hídrico do campo é realizado na fase final de produção e sua base fisiológica é representada pela diferença de sensibilidade no processo de crescimento e a fotossíntese. Em maiores valores de estresse hídrico o processo de crescimento se interrompe completamente (Peñuelas e Ocaña Bueno, 1993).

Carneiro (1976) destacou o diâmetro do colo como o parâmetro mais indicado para relatar a formação ideal das mudas de pinus para o plantio.

Com relação ao desenvolvimento radicular, o volume de solo explorado pelas raízes, e o contato entre a superfície das mesmas e o solo, são essenciais para a absorção efetiva da água. Esse contato é maximizado pela emissão de pelos radiculares, com conseqüente aumento na área superficial e na capacidade de absorção de água (Santos e Carlesso, 1998). Por essa razão, o desenvolvimento do sistema radicular também está

envolvido no processo de adaptação morfofisiológica que as plantas desenvolvem em resposta ao estresse hídrico (Silva, 2003).

Com o aumento dos défices hídricos, as camadas superiores do solo secam-se primeiro. Assim, as plantas perdem parte das suas raízes superficiais aprofundando essas raízes em direção ao solo mais úmido; sendo assim, o crescimento de raízes durante o estresse exige alocação de assimilados para as extremidades das raízes em crescimento (Taiz e Zeiger, 2004).

O efeito de manejo e tratos culturais e a identificação da capacidade produtiva de genótipos além da análise de crescimento são utilizados para monitorar a adaptação de culturas a competição entre espécies e variedades. A avaliação da eficiência fotossintética, absorção e utilização de nutrientes, análise de componentes da produção em modelos de previsão do crescimento vegetal, obtidos através de coletas seqüenciais, servem para descrever mudanças na produção vegetal em função do tempo, por meio de cálculo das taxas de crescimento (Reichardt e Timm, 2004).

Dentre os parâmetros ambientais associados com as alterações do crescimento das plantas em viveiro, a radiação solar, temperatura, suprimento de água e nutrientes tem sido os mais estudados (Araújo, 1995).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O ensaio foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, campus de Botucatu, com 22°52’55’’ de latitude sul, 48°26’22’’ de longitude oeste e 775 metros de altitude. O ensaio, em casa de vegetação, ocorreu durante os meses de novembro de 2005 a fevereiro de 2006.

O clima da região foi definido como Clima Temperado (Mesotérmico), segundo critérios adotados por Köppen. Esta definição foi baseada em médias históricas de 27 anos (1971 a 1998) de observação feitas na Estação Agrometeorológica da Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp. A temperatura media anual é de 20,6 graus Celsius com temperaturas médias máximas e mínimas, de 23,5 e 17,4 graus Celsius, respectivamente. A região é úmida, apresentando precipitação pluvial de aproximadamente 1516,8 milímetros.

3.2 Estrutura física da casa de vegetação

O experimento foi montado em uma casa de vegetação de 24 metros quadrados, com seis metros de comprimento, quatro metros de largura e altura total de três metros com todas as suas paredes e teto em vidro, com faixas brancas pintadas com 10 cm de largura para redução da energia interna do ambiente. No teto existia estrutura de lanternim para saída do ar quente.

Foram instalados dentro da casa de vegetação, um tanque classe A para medição diária da evapotranspiração e um termômetro de máxima e mínima para medição das temperaturas internas.

Os dados das temperaturas externas e precipitação foram coletados na estação climatológica do campus da Unesp, localizados a aproximadamente 500 m de distância da casa de vegetação.

3.3 Montagem dos experimentos

Foram instalados no dia 03/11/2005, dois experimentos simultâneos avaliando o comportamento do desenvolvimento das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em diferentes níveis freáticos com e sem adubação e um segundo em vasos com e sem défice hídrico na presença e ausência de adubação de cobertura N-P-K.

3.3.1 Avaliação de níveis freáticos e adubação no desenvolvimento de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede

Anéis de tubos de PVC com altura de sete centímetros e diâmetro de quinze centímetros foram unidos por fitas adesivas formando tubos com 21 cm, 35 cm e 49 cm de altura. Na parte inferior dos tubos montados, foi fixado um tampão perfurado para permitir a subirrigação. Para evitar a perda de solo pelos furos foi colocada uma tela de sombreamento 50%.

Esses tubos de diferentes alturas foram colocados em uma caixa de metal com sistema interligado de subirrigação controlada por uma bóia, mantendo-se um nível constante de água de 4 centímetros. Foi utilizada cobertura com filme plástico PVC sobre esse sistema de bóia, para evitar evaporação da água.

Em cada caixa, seis colunas foram depositadas em uma camada de areia grossa lavada com quatro centímetros de altura, simulando níveis freáticos de 17 cm, 31 cm e 45 cm (Fig. 1). Sobre a camada de areia na caixa foi acrescentada uma camada de parafina derretida para evitar a evaporação da água na superfície da areia.

Colunas de PVC de 15 cm de diâmetro, graduadas com altura de 80 cm, foram instaladas como depósito de água. Para acompanhamento do nível da água foi instalada uma mangueira plástica transparente em toda a extensão da coluna de PVC. Essas colunas foram tampadas na parte superior com um tampão para evitar a evaporação da água.

O consumo de água individual foi monitorado por medição de nível de abastecimento de água dividido por seis colunas, já que a coluna apresentou o mesmo diâmetro dos anéis de PVC. As colunas de abastecimento foram completadas até o seu nível máximo seis vezes ao longo do experimento.

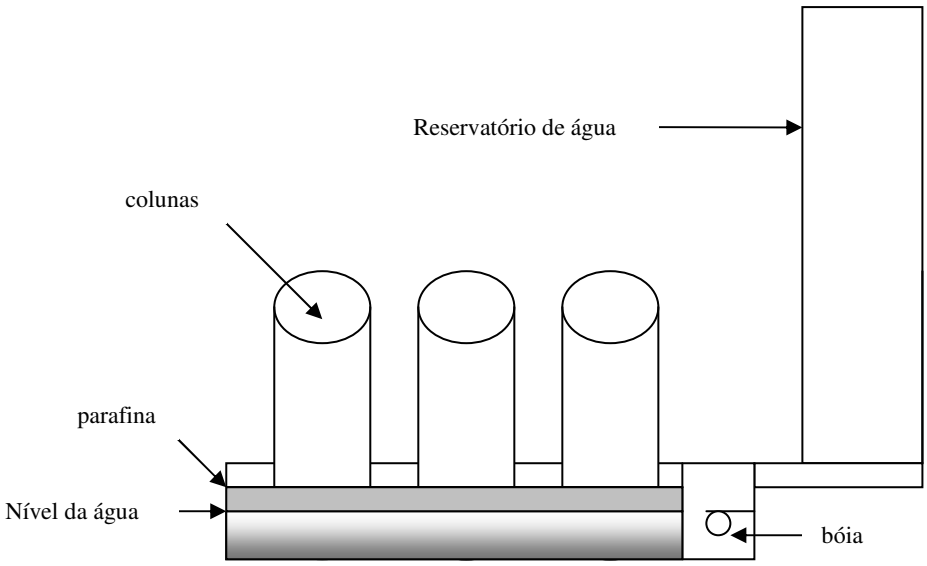

Figura 1. Representação do ensaio de níveis freáticos e adubação de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede, instalado em casa de vegetação

O solo utilizado para preencher as diferentes colunas foi coletado em camada de 0 a 40 cm, homogeneizado e amostrado para análise química (Tabela 1). O mesmo foi classificado como um latossolo vermelho amarelo.

Tabela 1. Resultado das análises química e física do solo utilizado na montagem do experimento

pH	M.O.	P	Al+3	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
$CaCl^2$	g/dm³	mg/dm³	mmolc/dm³							%	mg/dm³	mg/dm³				
6,3	8	20	---	12	0,7	20	4	24	36	64	---	0,14	0,6	16	0,7	0,6

Prof.	AG*	AF**	AT***	Argila	Silte	Da****	Textura
cm	g/Kg					g/cm³	
0 – 20	303	376	679	275	46	1,22	Média

*AG = Areia Grossa *** AT = Areia Total **AF = Areia Fina ****Da = Densidade Aparente

Os tratamentos das colunas (A a F) avaliados foram assim identificados:

CA: Nível freático de 17 cm e adubação N-P-K

CB: Nível freático de 45 cm e adubação N-P-K

CC: Nível freático de 31 cm e adubação N-P-K

CD: Nível freático de 17 cm sem adubação complementar

CE: Nível freático de 45 cm sem adubação complementar

CF: Nível freático de 31 cm sem adubação complementar

3.3.1.1 Produção das mudas

As mudas seminais de *P. oocarpa* Schiede, provenientes de pomar de sementes clonal de primeira geração, foram produzidas em tubetes plásticos cilíndricos de capacidade de 50 cm³ e seis estrias internas. Essas mudas foram adubadas até 85 dias de idade com adubação de crescimento contendo N-P-K em formulação 19-6-10 + Superfosfato simples.

Em cada coluna de PVC foi plantada uma muda de *P. oocarpa* Schiede com noventa dias de idade. Para cada tratamento foram instalados seis colunas totalizando seis repetições.

A adubação ao longo do ensaio consistiu da aplicação do adubo N-P-K de formulação 4-14-08 em cobertura a cada 20 dias a partir do início do ensaio.

3.3.1.2 Avaliação da matéria seca das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes níveis freáticos

No final do experimento foi avaliada a matéria seca (g/planta) da parte aérea e do sistema radicular. Os anéis de PVC foram separados e a biomassa de sistema radicular avaliada em cada anel em cada coluna (Fig 2).

Figura 2. Amostra de solo de uma seção de sete centímetros de altura, para avaliação do sistema radicular das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede ao final do experimento

3.3.2. Crescimento vegetativo das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em vasos na presença e ausência de adubação N-P-K, com e sem défice hídrico

Além do ensaio com simulações de nível freático foram instalados vasos plásticos com capacidade de 12 litros preenchidos com o mesmo solo utilizado nas colunas de PVC. Em cada vaso foram plantadas três mudas de *P. oocarpa* Schiede devidamente numeradas, com 90 dias de idade, com objetivo de obter plantas para os testes de parâmetros hídricos e simulação de condições de crescimento das mudas com e sem irrigação e adubação totalizando 84 mudas (Figura 3). A adubação de cobertura N-P-K de formulação 4-14-08 foi realizada a cada 20 dias a partir do início do experimento.

Distribuição dos tratamentos:

Água + adubo: nove vasos sem défice hídrico, com adubação N-P-K

Água – adubo: nove vasos com défice hídrico e sem adubação

Défice + adubo: cinco vasos sem défice hídrico, com adubação N-P-K

Défice – adubo: cinco vasos com défice hídrico e sem adubação

Figura 3. Montagem inicial do experimento em vasos com subirrigação e adubação de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede

O sistema de irrigação utilizado foi subirrigação. Para evitar o ressecamento do solo nas condições sem défice hídrico mantiveram-se pratos com cinco centímetros de altura abaixo dos vasos, completados em sua altura sempre que a água era absorvida e o nível atingia ao valor zero. Nos vasos com défice hídrico, a irrigação só foi realizada quando as mudas apresentavam sintomas visíveis de falta de água (murchamento do ponteiro).

Foram coletados altura e diâmetro a altura do coleto, das mudas em seis datas ao longo do experimento (03/11/05, 16/11/05, 07/12/05, 21/12/05, 15/01/06 e 09/02/06).

3.4 Medição de parâmetros hídricos das plantas

3.4.1 Potencial hídrico

Para a avaliação de potencial hídrico das plantas, foi utilizada uma bomba de pressão (Scholander et al., 1965) em medições feitas às 10:00 horas nos diferentes tratamentos ao longo do experimento (23/11/05, 30/11/05, 07/12/05, 14/12/05, 21/12/05, 28/12/05 e 09/02/06). Foram avaliados os ponteiros das mudas pela impossibilidade de utilização apenas de acículas cujas dimensões eram diminutas.

3.4.2 Teor relativo de água (TRA %)

Para as determinações do teor relativo de água (TRA) foi seguida a técnica descrita por Catsky (1960), modificada por Perez et al. (1982) e calculado pela equação:

$$TRA = \frac{(PF - PS)}{(PSA - PS)} \times 100 \quad \text{.....(Equação 1)}$$

Em que:

PF = Massa da matéria Fresca

PS = Massa Seca

PSA = Massa Saturada

Foram coletadas dez acículas de mudas nos vasos em todos os quatro tratamentos, e em sete diferentes datas ao longo do ensaio (23/11/05, 30/11, 07/12, 14/12, 21/12, 28/12 e 09/02/2006).

3.5 Sobrevivência e desenvolvimento inicial no campo

Foram plantadas 20 mudas de *P. oocarpa* no campo para inferir os dados de crescimento inicial até 10 meses de idade. Foram avaliados os parâmetros altura total e diâmetro a altura do colo.

No plantio em covas, foi utilizado o espaçamento 3m x 1,5 m sem adubação de base e sem calagem. No dia do plantio foi realizada uma irrigação com três litros por planta. As mudas plantadas foram novamente irrigadas com 5 e 10 dias após o plantio.

3.6 Condições climáticas dos experimentos

3.6.1 Temperaturas internas e externas

Avaliando-se o comportamento das temperaturas máximas (T MAX) e mínimas (T MIN) dentro da casa de vegetação e as temperaturas máximas externas (T MAX E) e temperaturas mínimas externas (T MIN E) percebe-se que os valores são muito similares para as temperaturas mínimas com variação interna na média de 1,2 graus a mais (Figura 4).

Nas avaliações de temperatura externa embora o padrão de comportamento seja similar à diferença média obtida para o período do experimento foi de 8,6 graus centígrados a mais dentro da estufa. Com esse aumento a transpiração foi superior dentro da casa de vegetação. Assim quando a irrigação e adubação são eficientes o crescimento das plantas pode ser incrementado dentro dessas estruturas.

Segundo Farias (1993), a diferença entre valores da evapotranspiração interna e externa varia de acordo com as condições meteorológicas e em geral a evapotranspiração no interior fica em torno de 60-80% do valor externo. No experimento a temperatura máxima interna (T MAX) maior que a externa influenciou diretamente na evapotranspiração, demonstrando que a quantidade de água absorvida pelas plantas foi maior por existir maior evapotranspiração.

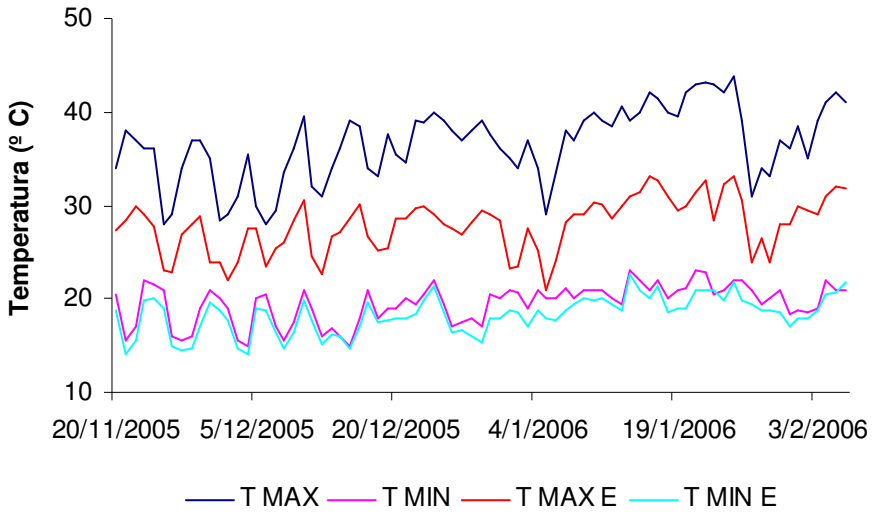

Figura 4. Temperaturas máximas diárias externas (T MAX E), temperaturas mínimas externas (T MIN E), temperatura máximas internas (T MAX) e temperaturas mínimas internas (T MIN) avaliadas ao longo do período do experimento

Ao longo do experimento a temperatura máxima se manteve alta e nos meses de novembro e dezembro na maioria dos dias chuvosos a temperatura máxima na casa de vegetação reduziu. Já no período de janeiro mesmo no período chuvoso a temperatura interna máxima continuou alta, e o crescimento das plantas pode ser máximo (Figura 5).

Os processos de transpiração e fotossíntese dentro da casa de vegetação respondem diretamente à temperatura das folhas e são indiretamente afetados pela reação estomática. A transpiração, em geral aumenta com a temperatura maior, a menos que o estresse hídrico cause fechamento estomático que reverta esta tendência (Souza, 2003).

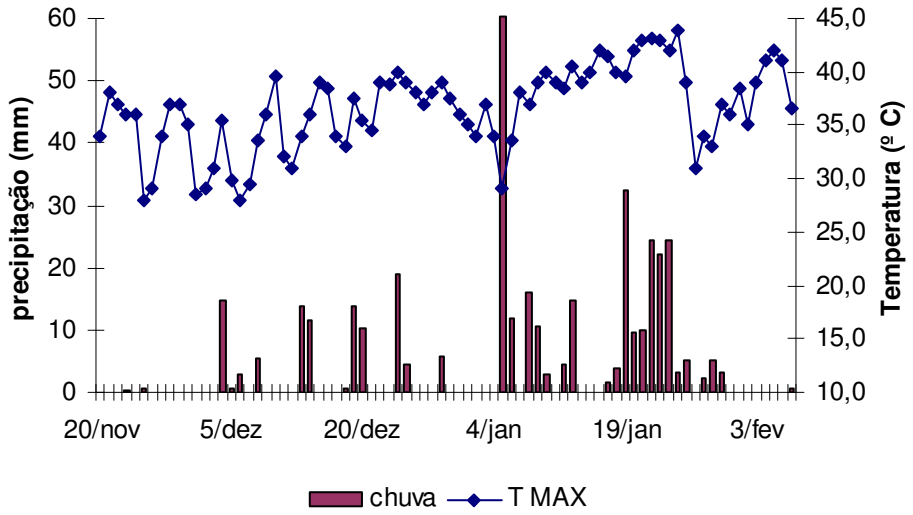

Figura 5. Temperaturas máximas internas (T MAX) e precipitação diária (chuva) avaliados ao longo do período do experimento

A evapotranspiração das mudas ao longo do experimento ocorreu em uma faixa de 0,9 mm a 5,2 mm diário com uma média superior no mês de janeiro de 2006 por ser nesse período os maiores valores de temperatura máxima interna na casa de vegetação (Figura 6).

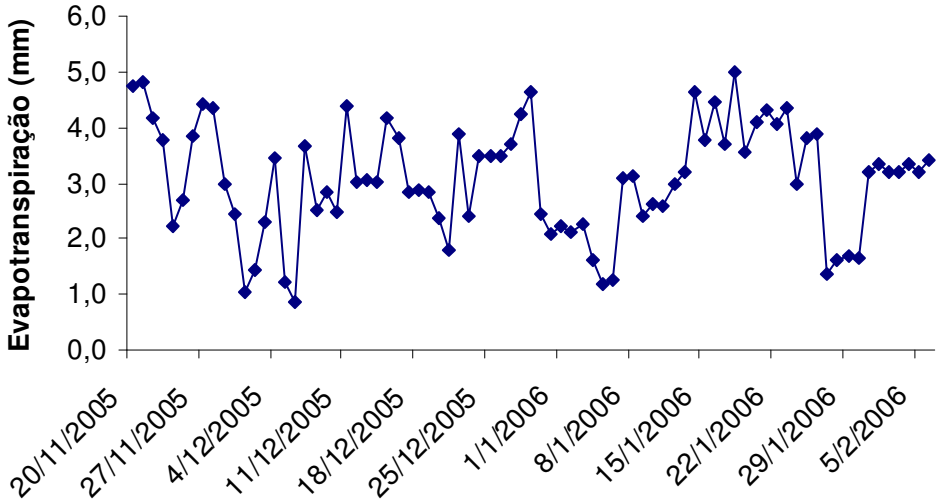

Figura 6. Evapotranspiração diária (mm) dentro da casa de vegetação ao longo do ensaio

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação de Níveis freáticos e adubação no desenvolvimento de mudas de Pinus oocarpa Schiede

No experimento de níveis freáticos e adubação foram avaliados altura total e incremento de altura total, diâmetro do colo e incremento de diâmetro, teor relativo de água e matéria seca da parte aérea e parte radicular que são apresentados a seguir.

4.1.1 Incremento em altura das mudas

A análise de crescimento é um método que descreve as condições morfológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostragens sucessivas, e se propõe a acompanhar a dinâmica da produção fotossintética, analisada através da acumulação de matéria seca (Magalhães, 1979).

Para a altura com base no teste de Tukey com nível de significância de 5% o tratamento CC (nível freático de 31 cm com adubação N-P-K) diferiu estatisticamente

do tratamento CD (nível freático de 17 cm sem adubação complementar). Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si (Figura 7).

Esse incremento destaca a melhor eficiência de transpiração quando a adubação é implementada. O pior tratamento relata um dos principais problemas encontrados na produção de mudas de pinus que é a lâmina excessiva de água provocando a morte de raízes. Como havia muita disponibilidade de água e o sistema radicular pouco agressivo e com menor atividade fisiológica pela falta de nutrientes, principalmente fósforo. O elemento potássio também é fundamental na abertura e fechamento estomático influenciando assim o maior aproveitamento da água no processo da transpiração influenciando a absorção.

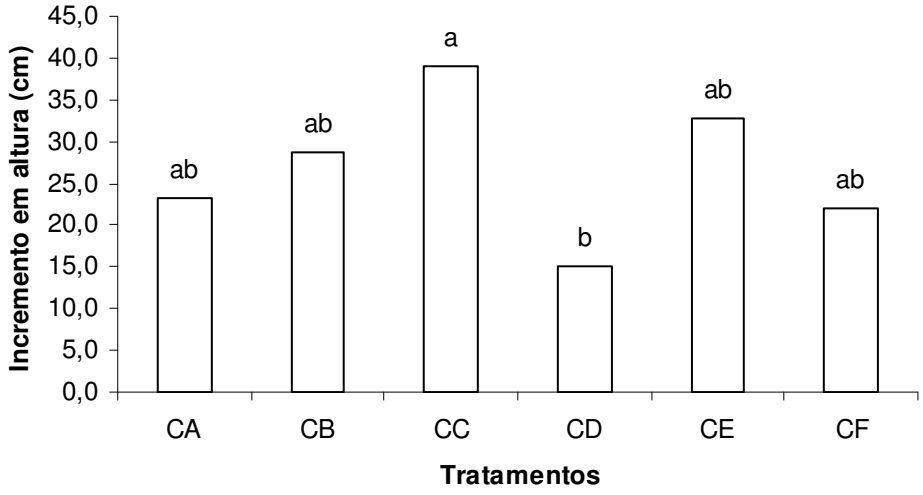

Figura 7. Incremento da altura (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos ao longo do ensaio, avaliados pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

A altura das mudas nos diferentes níveis freáticos é um indicador das condições das plantas, a irrigação e a adubação. O incremento em altura média dos tratamentos adubados foi superior aos não adubados, embora, estatisticamente não significativo, mas muito próximo dessa diferença (Figura 8). Isso retrata uma condição dos viveiros florestais indicando que o gênero pinus não tolera o excesso hídrico por possuir um

sistema radicular deficiente e as mudas não transpirarem o suficiente para absorver o excesso de água e adubação.

Esse fator normalmente acarreta um sintoma visual nas mudas em viveiro que é o amarelecimento das mudas, com um desequilíbrio nutricional, possivelmente de micronutrientes, principalmente, ferro.

Em mudas de *P. caribaea* var *hondurensis* em viveiro Higashi e Silveira (2005) demonstram a maior concentração do elemento ferro no sistema radicular e o acúmulo de concentração de micronutrientes ao longo da formação da mudas resultou na seqüência: Fe > Mn > Zn > B > Cu. Na aplicação prática de produção de mudas diminui-se a irrigação na sua lâmina diária quando as mudas apresentam esse sintoma de deficiência nutricional.

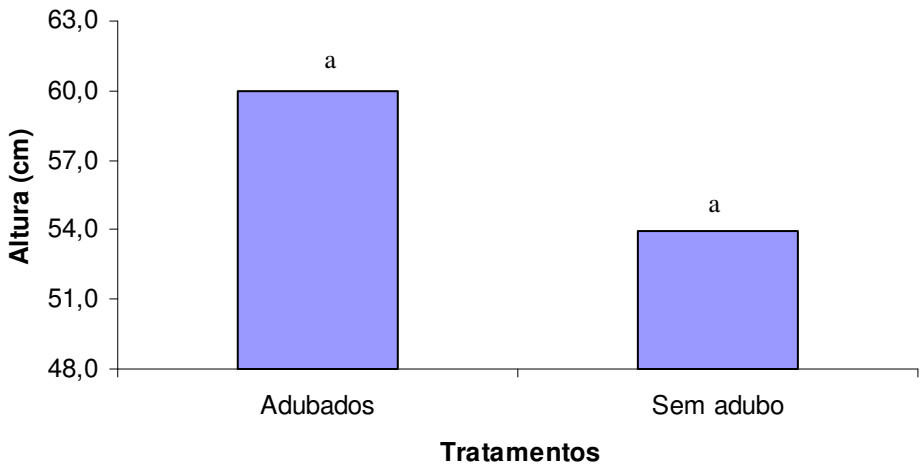

Figura 8. Altura total das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos tratamentos adubados e não adubados, avaliados pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

Como indicativo de altura de mudas para expedição a campo os viveiros florestais utilizam um valor superior a 25 cm. Por esse parâmetro as mudas dos tratamentos ficaram acima do padrão recomendado.

Esse resultado demonstra que não houve restrição hídrica ao longo do ensaio. As mudas que estavam em níveis freáticos de 45 cm finalizaram com a mesma altura

das mudas nos outros níveis. Neste caso, apenas o excesso hídrico prejudicou o desenvolvimento de mudas do pinus.

No caso onde o nível freático foi de 17 cm a proximidade do sistema radicular desde o momento do plantio das mudas que possuíam sistema radicular de 12 cm de comprimento (altura do tubete) permaneceu com um excesso hídrico dificultando a manutenção do sistema radicular ativo pela redução de oxigênio. Portanto essas mudas foram prejudicadas (Figura 9).

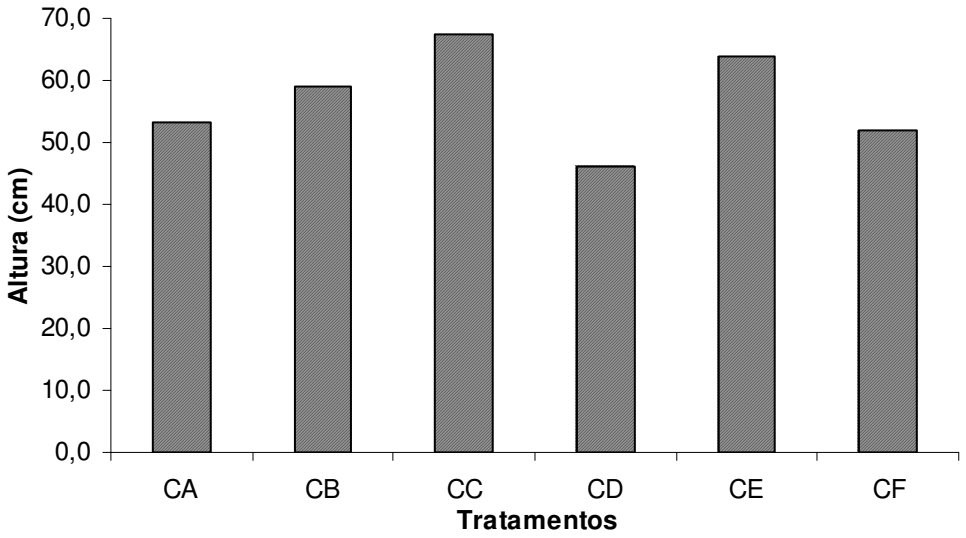

Figura 9. Altura final (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos tratamentos de níveis freáticos

4.1.2 Incremento em diâmetro

As mudas florestais para serem expedidas para plantio precisam estar com um diâmetro suficiente que permita no período inicial sustentá-las em pé evitando tombamento com o estresse hídrico inicial. Carneiro (1976) já destacava que o diâmetro do colo ó parâmetro mais eficiente para relatar a formação ideal das mudas de pinus prontas para o plantio. A recomendação é que as mudas tenham um diâmetro superior a 0,3 cm no momento da expedição.

No experimento avaliado em todos os tratamentos as mudas obtiveram um diâmetro superior ao recomendado no final do experimento (Figura 10)

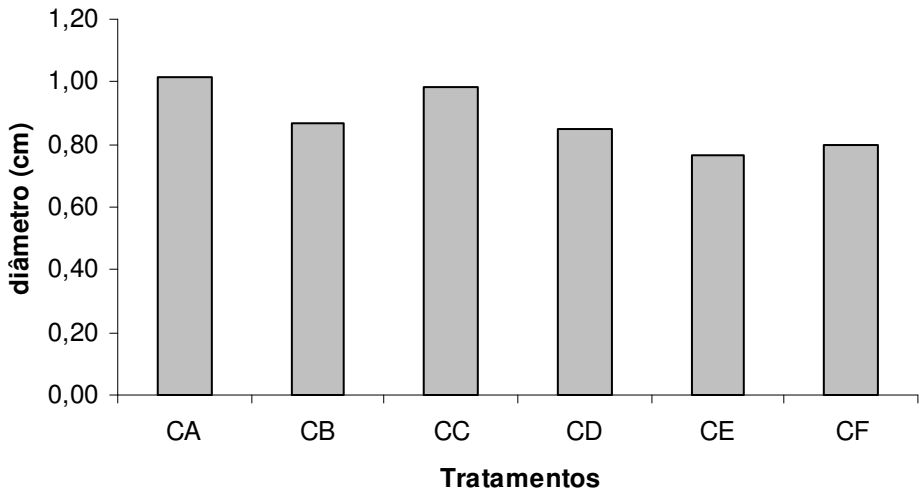

Figura 10. Diâmetro à altura do colo (cm) de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos ao final do experimento.

Ao se avaliar o incremento do diâmetro de colo nos diferentes tratamentos observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Figura 11), porém, se observa uma tendência à resposta de adubação no crescimento em diâmetro. Como o número de plantas nesse ensaio foi bastante reduzido, provavelmente, prejudicou a análise apenas pelo critério estatístico porque os coeficientes de variação foram altos (CV = 34,57%, DMS = 0.30009).

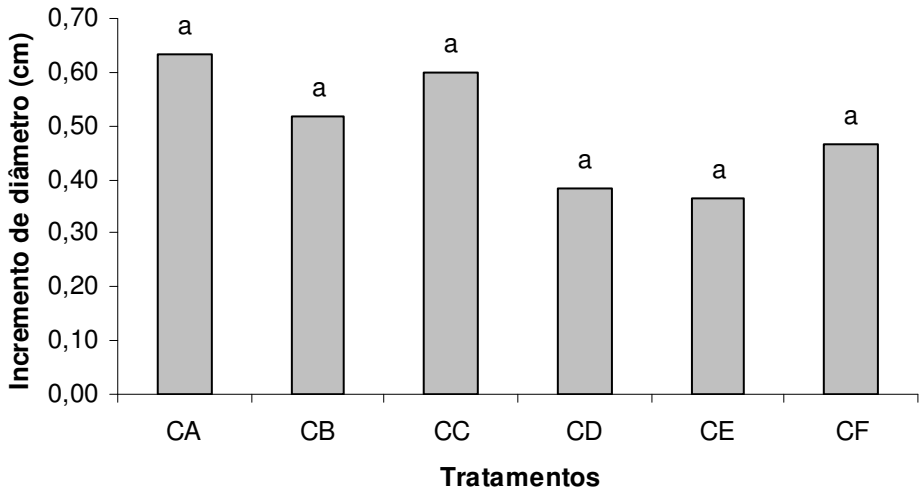

Figura 11. Incremento em diâmetro (cm) dos diferentes níveis freáticos nos tratamentos ao longo do ensaio, avaliados pelo teste de Tukey a 5% de significância

Embora a diferença não seja significativa entre todos os tratamentos quando se avalia o conjunto dos tratamentos adubados e os não adubados observa-se diferença significativa ao teste de Tukey a 5% de significância ao final do experimento (Figura 12).

Assim se pôde perceber com o passar do tempo o efeito da adubação tornando-se mais significativo para o incremento em diâmetro, porque as mudas de pinus apresentam um crescimento lento se comparado com outras mudas como, por exemplo, eucalipto. A resposta à aplicação de adubo deve ser avaliada após períodos maiores de tempo.

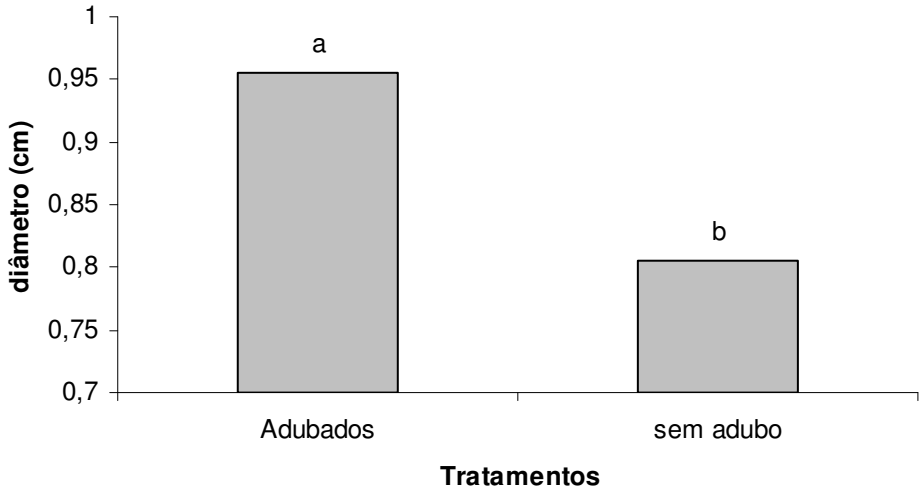

Figura 12. Diâmetro de colo (cm) dos tratamentos adubados e não adubados de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede ao final do experimento, avaliados pelo teste de Tukey a 5% de significância

4.1.3 Relação parte aérea-sistema radicular

Na avaliação da relação parte aérea-sistema radicular visualiza-se que as mudas que expandiram o sistema radicular conseguiram desenvolver a biomassa da parte aérea (Figuras 13 e 14).

Nesse ensaio os valores de massa seca de sistema radicular são superiores ao de parte aérea, pois, não houve restrição física para a expansão radicular até o final do experimento.

Quando as mudas são produzidas em tubetes essa relação é inversa. Os tratamentos de maior nível freático desenvolveram sistema radicular buscando água onde existia disponibilidade.

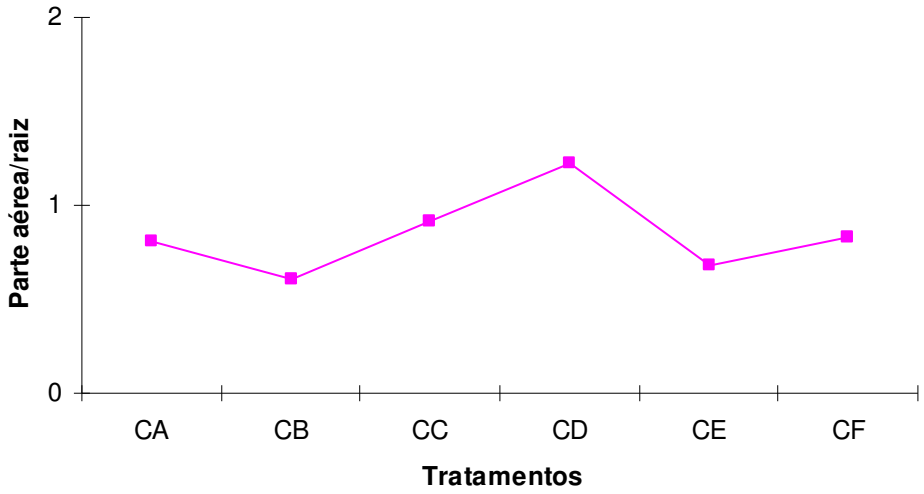

Figura 13. Relação da Matéria seca (g) da parte aérea e sistema radicular de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em diferentes níveis freáticos na presença e ausência de adubação de cobertura

4.1.4 Massa seca da parte aérea das mudas

A massa seca das mudas apresentou na parte aérea o tratamento de nível freático de 31 cm, conjuntamente com o nível de 45 cm, como os de maiores valores (Figura 14). Esse valor é conseqüência dos valores de diâmetro e altura, pois em ambos os tratamentos apresentam os maiores valores. Os menores tratamentos foram os níveis freáticos de 17 cm e de 45 cm sem adubação. O coeficiente de variação foi de 8.46 % e a diferença mínima significativa foi de 2,91 cm. O efeito da adubação foi visível no crescimento das mudas, pois os tratamentos adubados cresceram em conjunto mais que os sem adubação.

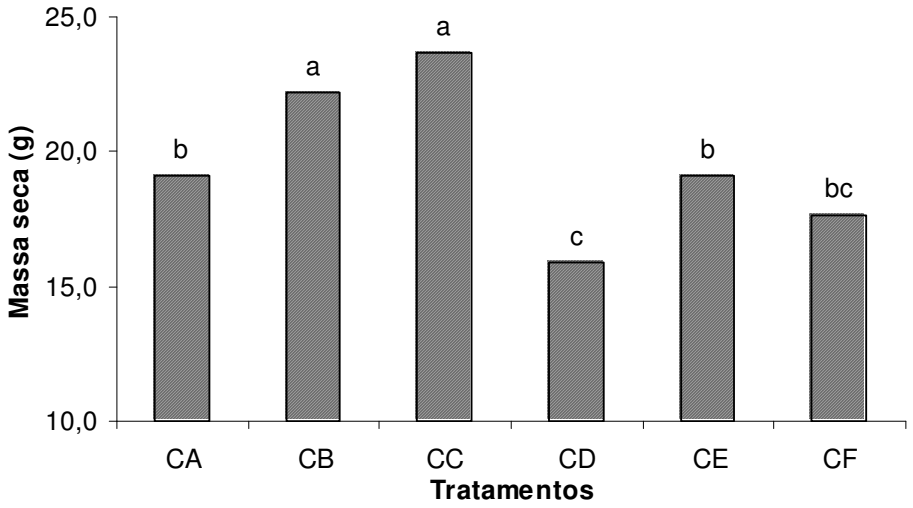

Figura 14 . Massa seca final (g) da parte aérea das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos.

4.1.5 Massa seca do sistema radicular

Na avaliação de massa seca radicular, evidencia-se o pequeno desenvolvimento radicular do tratamento CD, onde o nível freático foi de 17 centímetros sem adubação de cobertura (Figura 15). Esse resultado representou a dificuldade de sobrevivência das raízes quando o solo permanece com excesso hídrico.

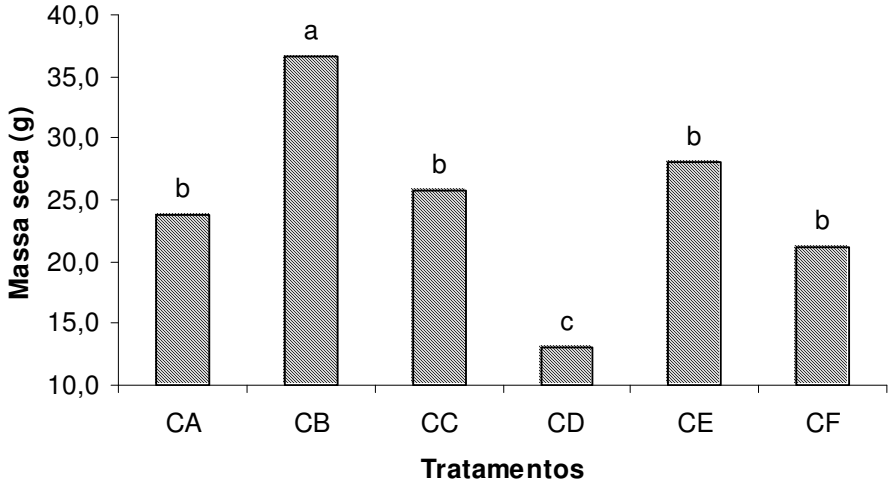

Figura 15. Massa seca (g) do sistema radicular de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos

Quando se avalia a relação entre matéria seca da parte aérea e sistema radicular das mudas, percebe-se que a biomassa de raízes no tratamento CD com nível freático de 17 cm na ausência de irrigação foi inferior à biomassa da parte aérea demonstrando que nesse tratamento a quantidade efetiva de raízes prejudicou o crescimento superficial. Nesse ensaio é importante frisar novamente que a relação parte aérea - sistema radicular é menor que um, pois, as mudas foram plantadas sem restrição física de espaço, que acontece na formação de mudas em viveiro onde essa relação é maior que um.

Seiler & Johnson (1988), estudando comportamento de mudas de *Pinus taeda* verificaram alterações morfofisiológicas decorrentes do estresse hídrico. Essas alterações incluíram diminuição na taxa de transpiração e maior eficiência no uso da água, condicionamento da fotossíntese ao baixo potencial hídrico, diminuição da relação entre a parte radicular e a parte aérea.

No desenvolvimento do sistema radicular normalmente os tratamentos apresentam valores de biomassa maior na parte superior do sistema radicular, pois essa espécie possui sistema radicular pivotante. O maior tratamento CB apresenta uma massa seca de raízes na posição entre 7 cm e 14 cm, superior ao nível inicial do solo, demonstrando a expansão do sistema radicular lateralmente (Figura 16).

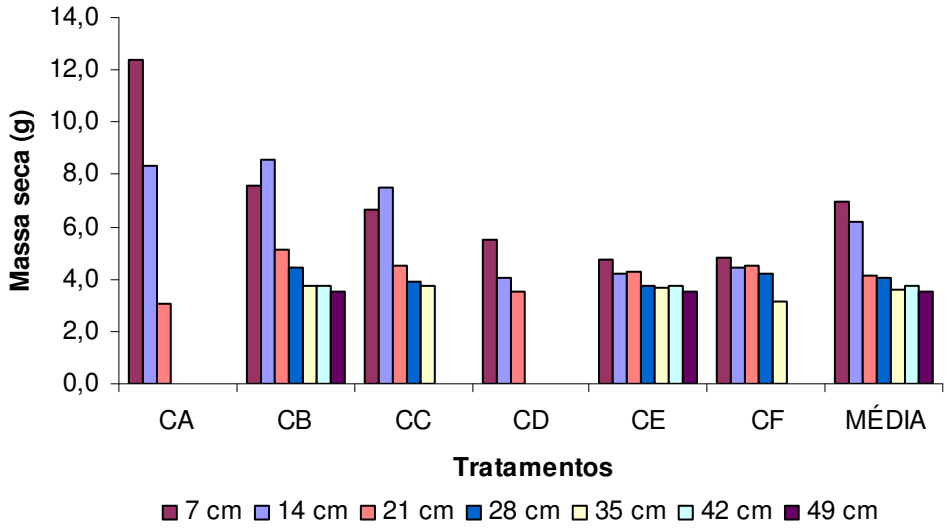

Figura 16. Massa seca (g) das raízes das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em diferentes profundidades em relação à superfície do solo, nos diversos tratamentos

O teor de água no solo influi na nutrição mineral e o tipo de substrato também. No experimento as mudas foram plantadas em solo que possuía capacidade de troca catiônica, portanto mesmo nos tratamentos sem adubação suplementar o solo continha elementos para manter o crescimento das plantas por um período. Como normalmente no plantio de mudas de pinus São Paulo não se faz adubação de cobertura essa condição foi similar às condições de campo.

Ao se avaliar então o efeito da adubação é importante frisar que essa seria a condição normal de plantio de uma espécie. Atribui-se a não adubação do pinus a seu crescimento inicial lento, obtendo do solo as condições para sua manutenção.

A distribuição do sistema radicular das mudas avaliadas conjuntamente ao longo do perfil de plantio mostra o decréscimo da massa seca de raízes com o aumento da profundidade (Figura 17). As raízes finas, ou seja, menores que dois milímetros concentraram-se na parte superior do perfil do solo.

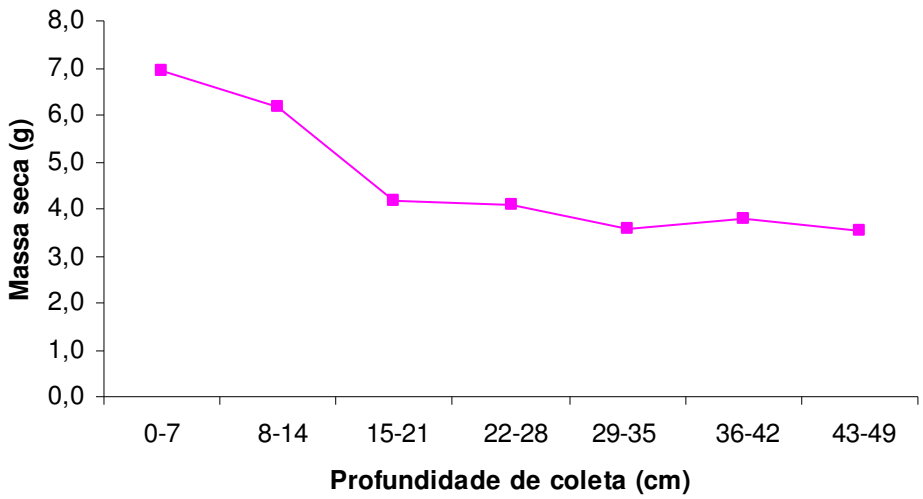

Figura 17. Massa seca médio (g) das raízes de *Pinus oocarpa* Schiede em diferentes profundidades em relação à superfície do solo

Os efeitos da elevada umidade do solo são negativos por vários fatores. O crescimento da parte aérea é estimulado e o número de drenos ou raízes sobre a

planta pode ser reduzido. O manejo dos nutrientes próximos das raízes dependem da sua concentração, do balanço eletroquímico entre os íons no solo (Andriolo, 2004).

4.1.6 Teor relativo de água (TRA)

O teor relativo de água nas folhas demonstra a quantidade de água disponível para as plantas no substrato. Na avaliação final dos tratamentos percebeu-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Figura 18) porque a evapotranspiração foi muito próxima em todos os tratamentos e assim as mudas não sofreram défice hídrico que poderia influenciar no fechamento estomatal.

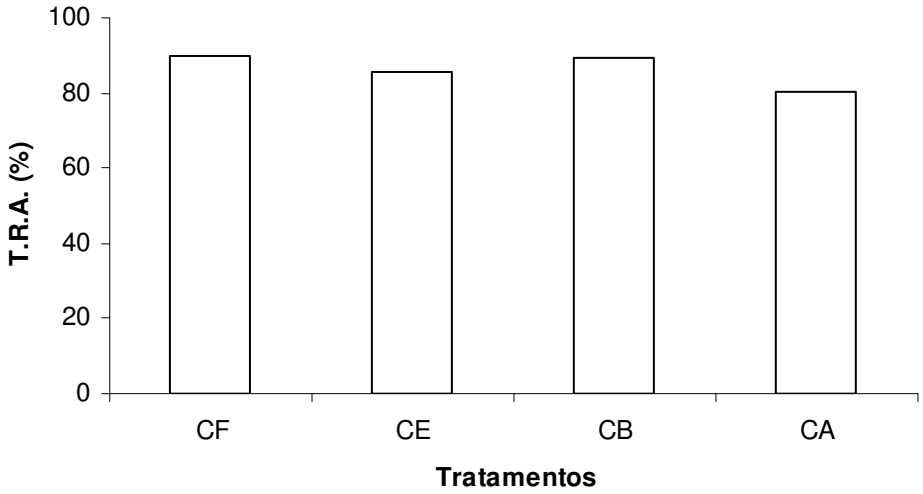

Figura 18. Teor relativo de água (%) de acículas de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede ao final do experimento em diferentes níveis freáticos

4.2 Avaliação do desenvolvimento das mudas de Pinus oocarpa em vasos com adubação e subirrigação

4.2.1 Altura das mudas

A altura das mudas é um indicativo do desenvolvimento da área foliar das plantas relacionada ao estresse hídrico e nutrição.

Para a variável altura das mudas sem défice hídrico foi ajustada uma equação quadrática do desenvolvimento ao longo do ensaio: y = b0 + b1*diâmetro + b2* diâmetro², cujos índices foram: b0 = 23,018499, b1 = 0,26041 e b2 = -0,001337 (Figura 19).

Isso demonstra o crescimento ao longo do experimento até 190 dias do ciclo das mudas. Assim as mudas de *Pinus oocarpa* Schiede quando formadas em ciclos maiores que 180 dias no viveiro, já apresentam uma redução do desenvolvimento máximo da parte aérea.

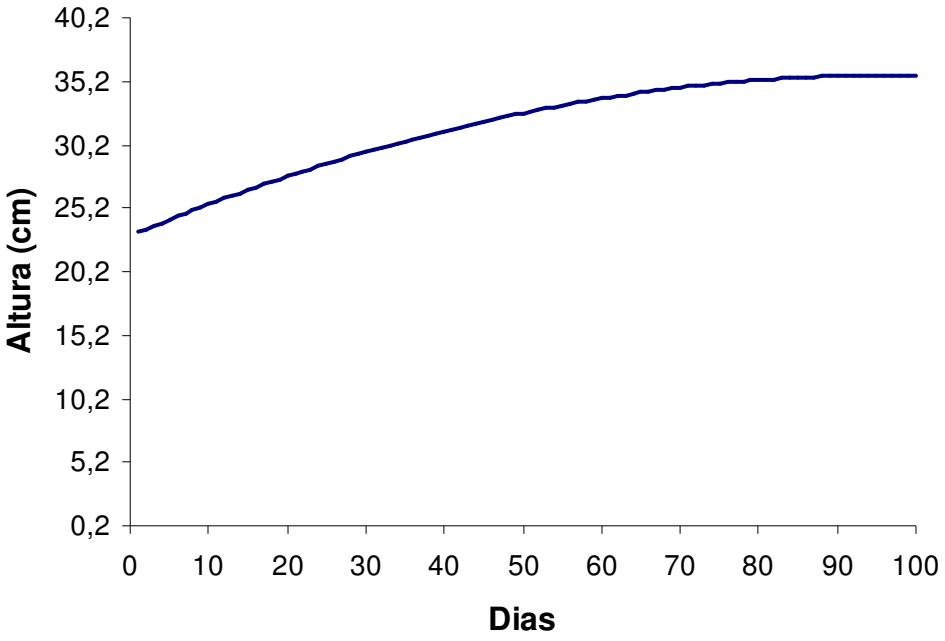

Figura 19. Ajuste quadrático da evolução das alturas das mudas (cm) de *Pinus oocarpa* Schiede ao longo do experimento sem restrição hídrica

A irrigação não influenciou significativamente no crescimento das mudas de *P. oocarpa* Schiede (Figura 20). Como essa espécie normalmente consome valores de água não muito altos, com valores finais próximos de 3 mm diários, não houve restrição do crescimento quando avaliado somente a irrigação independente da adubação.

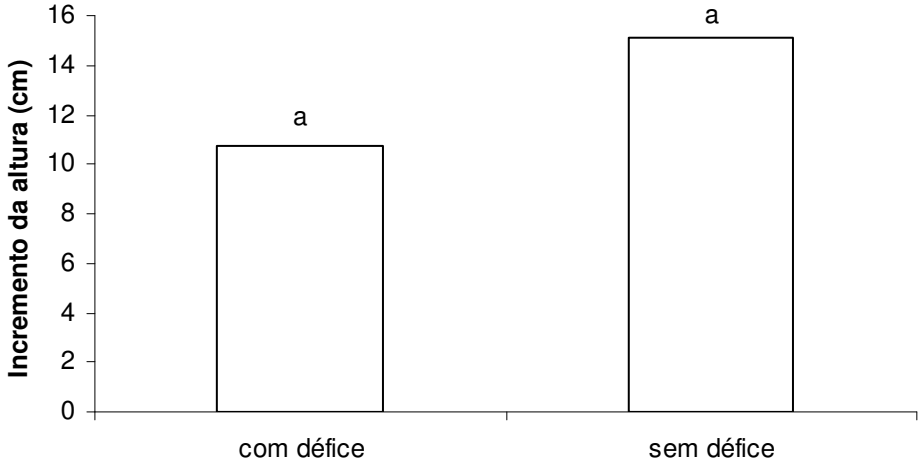

Figura 20. Incremento em altura (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede ao longo do ensaio nos tratamentos com e sem défice hídrico, analisados pelo teste de Tukey a 5% de significância

A adubação das mudas aumenta o consumo de água já que as plantas tem uma eficiência maior no desenvolvimento e controle estomático. Em fase de produção de mudas à maioria dos viveiros utilizam apenas a adubação com o macroelemento fósforo. Nesse ensaio a adubação N-P-K influenciou positivamente o crescimento em altura, sendo assim um bom indicador para novos ensaios de adubação de crescimento de mudas de *P. oocarpa* (Figura 21).

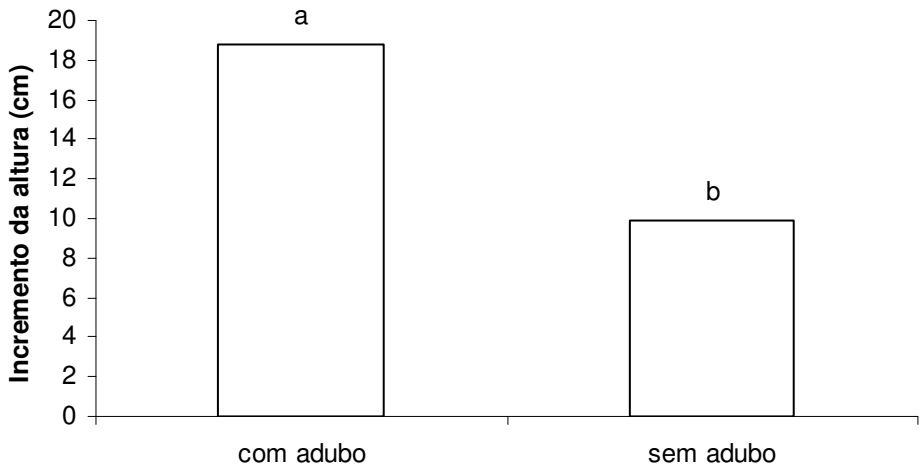

Figura 21. Incremento em altura (cm) de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede na presença e ausência de adubação de cobertura ao longo do ensaio, avaliado pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

O binômio adubação e irrigação se mostrou eficiente no desenvolvimento em altura das mudas (Figura 21). Esse efeito esteve ligado à adubação como visto anteriormente.

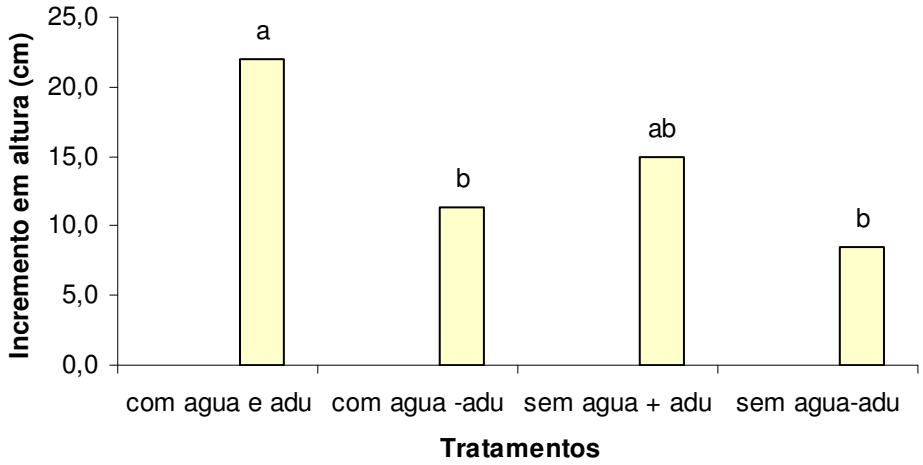

Figura 22. Incremento em altura (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos ao longo do ensaio, avaliado pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

4.2.2 Diâmetro das mudas

As mudas de pinus para serem expedidas a campo requerem um diâmetro de colo mínimo de 3 mm. Quanto maior o diâmetro das mudas mais facilmente as mesma resistirão a défice hídrico sem problemas de tombamento onde mudas de diâmetro menores podem dobrar no campo encostando o seu ponteiro no solo causando a queima do mesmo.

Os melhores tratamentos para esse fator foram os tratamentos com adubação sendo que o diâmetro médio foi superior aos tratamentos sem adubação (Figura 23).

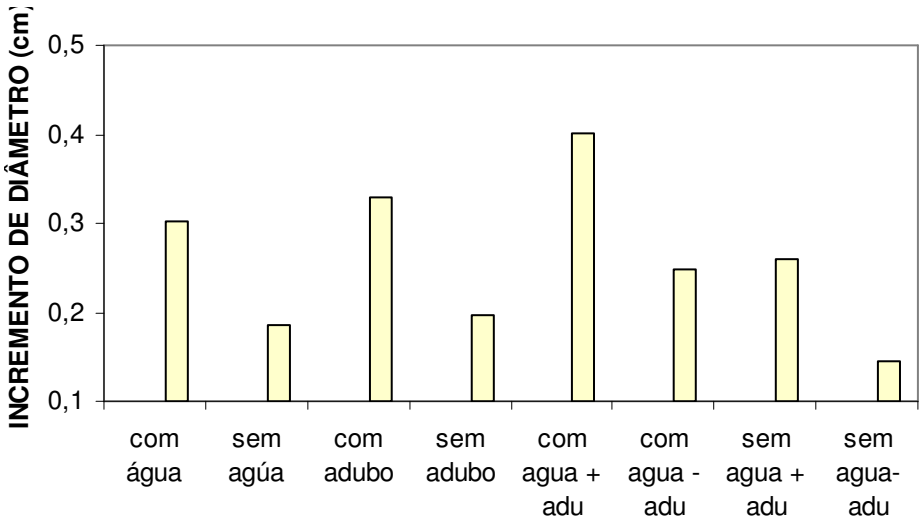

Figura 23. Incremento em diâmetro a altura do colo (cm) nas mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos em vasos

Esse resultado de diâmetro acompanhou os dados apresentados anteriormente para o parâmetro altura.

Para a variável diâmetro à altura do coleto foi ajustada uma equação quadrática do desenvolvimento ao longo do ensaio: $y = b0 + b1*dias + b2* dias^2$, cujos índices foram: b0 = 0,312082, b1 = 0,005391 e b2 = -0,000030020.

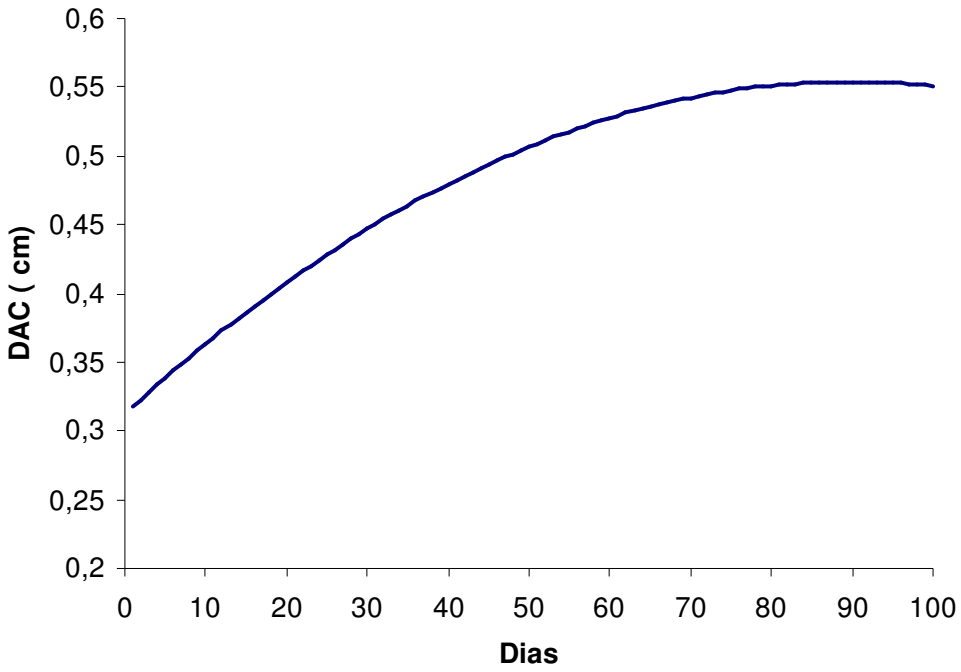

Figura 24. Ajuste quadrático do incremento do diâmetro das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede a partir do início do experimento sem restrição hídrica

Assim como na avaliação de altura, percebeu-se que as mudas de *P. oocarpa* Schiede após 180 dias de ciclo total apresentaram uma redução do seu desenvolvimento máximo.

Na avaliação conjunta dos dados de irrigação e adubação percebeu-se que houve diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% no desenvolvimento sem restrição hídrica. Isso se deveu, provavelmente, ao fechamento dos estômatos reduzindo a transpiração foliar e conseqüentemente a absorção de água, resultando em menor desenvolvimento das mudas (Figura 25).

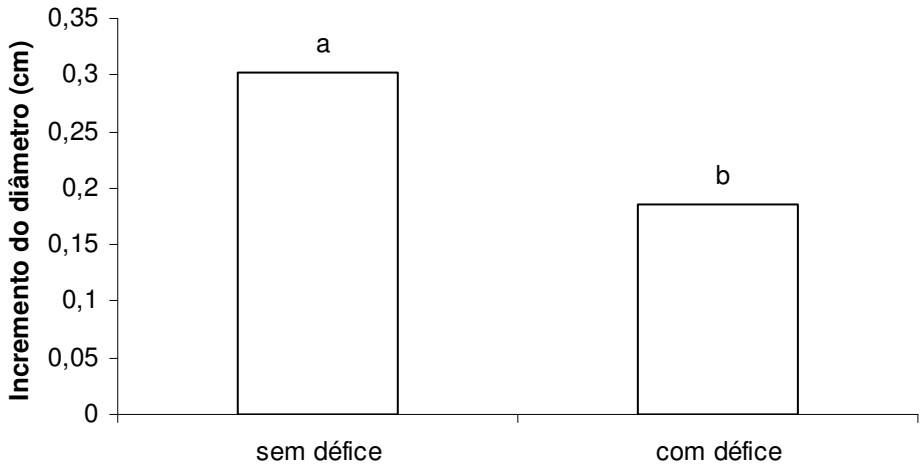

Figura 25. Incremento médio do diâmetro (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos tratamentos com e sem défice hídrico ao longo do ensaio. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

4.2.3 Teor relativo de água

A avaliação do teor relativo de água nas plantas demonstra a eficiência da absorção de água pelas mudas condicionadas ao longo do seu desenvolvimento.

Onde houve restrição hídrica as plantas tiveram menores valores de teor relativo de água, demonstrando o fechamento dos estômatos.

Nos dias 30/11 e 28/12, os tratamentos sob défice hídrico tiveram o nível de água nos pratos completados até o seu valor máximo. Nesses dias foram coletadas acículas das plantas para análise e os valores de teor relativo de água são muito similares em todos os tratamentos. Nas outras datas os teores de água nas plantas foi sempre inferior nos tratamentos onde havia água sempre a disposição (Figura 26).

Sob baixa disponibilidade de água no solo, vários processos metabólicos nas plantas podem ser influenciados, promovendo o fechamento parcial ou total dos estômatos, limitando a perda de água e, como conseqüência, a fixação de CO_2 (Nobel, 1974).

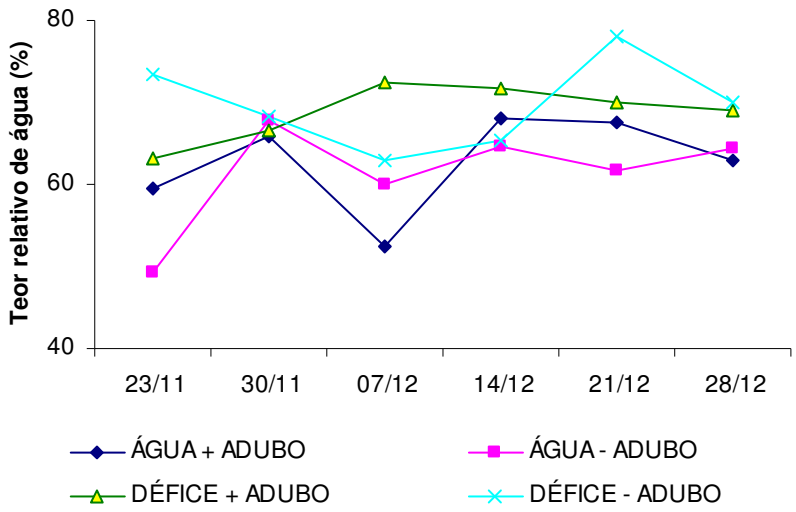

Figura 26. Teor relativo de água (%) nas acículas de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diversos tratamentos ao longo do experimento

Quando se avalia o comportamento do teor relativo de água nas mudas ao longo do experimento percebe-se que os maiores índices se encontram na mudas que foram mantidas sob estresse e sem adubação suplementar. Concomitante a essa condição as mudas que tiveram água mesmo sem adubação apresentaram os menores valores. Isso demonstra a adaptação das mudas às condições de potencial hídrico próximo à zero ao não fechamento estomático mantendo sua transpiração em níveis altos ao longo do experimento.

Embora não haja diferença significativa pelo teste de Tukey entre os tratamentos, provavelmente, isso foi influenciado pela irrigação em duas datas do experimento (Figura 27). Assim com a não restrição hídrica as plantas sobre estresse abriram os estômatos.

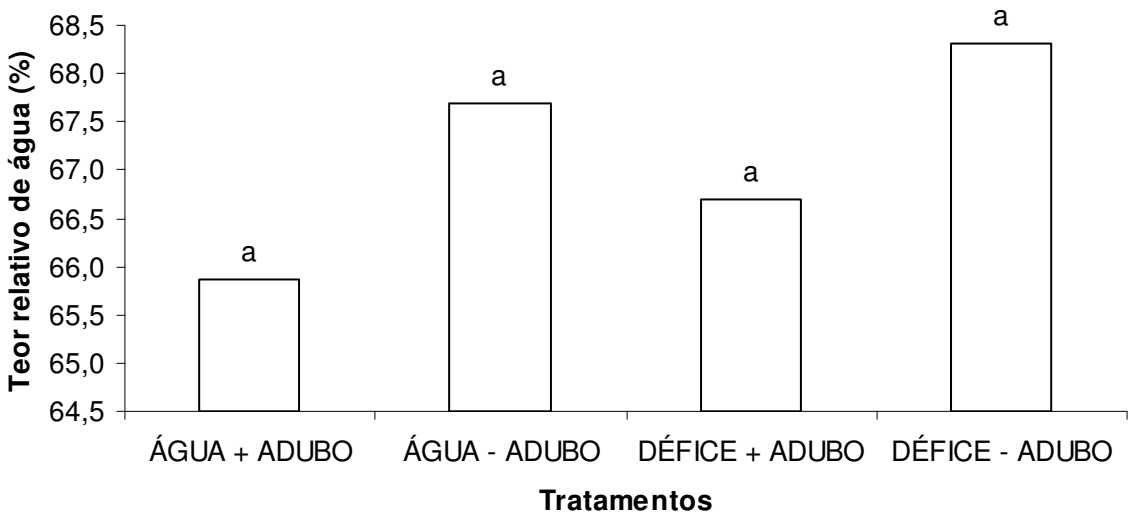

Figura 27. Teor relativo de água médio (%) nas acículas de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diversos tratamentos ao longo do experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

Com o défice hídrico a atividade fotossintética declina paralelamente com a diminuição de volume celular e, portanto, conjuntamente com o declínio da turgescência e do teor relativo de água e transpiração (LARCHER, 2000).

4.2.4 Potencial hídrico

O potencial hídrico foliar reflete as condições da dinâmica do processo do transporte no sistema solo-água-planta-atmosfera, constituindo o principal componente responsável pelo fluxo de água na planta.

Nos períodos de seca, ocorre redução gradual no potencial hídrico das plantas, cuja magnitude vai depender dos mecanismos de prevenção à desidratação, podendo decrescer até valores críticos, resultando em prejuízo ou morte de células, de órgãos ou de plantas inteira. Nos valores médios percebeu-se diferença significativa pelo teste de Tukey a

5% de significância, sendo o tratamento défice hídrico sem adubação o de valor de potencial hídrico mais negativo (Figura 27).

A absorção de água pelas raízes ocorre em resposta à demanda da transpiração foliar provocando um gradiente, que ocasiona um fluxo da água do solo em direção ao sistema radicular e a disponibilidade de água do solo na proximidade de radicelas individuais e da rizosfera em geral se reduz, diminuindo o potencial da água no solo, (Winter & Vipond, 1977).

Em trabalho com espécies de eucalipto foi observado que o potencial de plantas mantidas na capacidade de campo não diferiu entre espécies e entre regimes de adubação (Gonçalves, 1992).

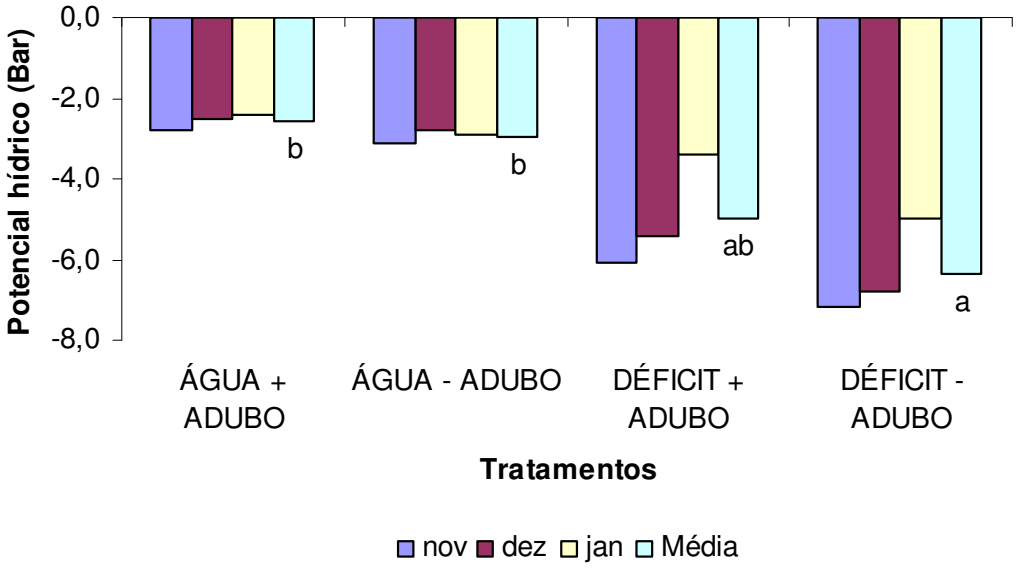

Figura 28. Potencial hídrico (Bar) de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede ao longo do experimento em condições de ausência e presença de défice hídrico e adubação N-P-K, avaliadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

Dentro da planta com a diferença entre o potencial de vapor d'água na atmosfera em torno das folhas e o potencial da água do solo a água se movimenta. Portanto existe na planta um complexo sistema hidráulico, com as partes funcionais interligadas por uma fase líquida permitindo o movimento da água nas folhas, no xilema, e nas raízes, sendo

esse movimento causado pela redução do potencial da água nas folhas, resultante da transpiração (Award & Castro, 1983).

As plantas que possuem altas taxas de absorção de CO_2 apresentam grandes perdas por transpiração e, provavelmente, grandes consumos de água implicam no incremento positivo da produtividade (Klar, 1984).

4.3 Desenvolvimento inicial das mudas no campo

Algumas mudas dos ensaios em vasos foram plantadas no campo com o objetivo de avaliar o desenvolvimento inicial. Foi utilizado um espaçamento de plantio de 3m x 1,5m com 5 mudas de cada tratamento. Os resultados de incremento em altura e diâmetro nos diferentes tratamentos foram próximos pela pequena velocidade de crescimento inicial do *P. oocarpa* Schiede, sendo uma característica dessa espécie. Mesmo com o pequeno número de mudas plantadas e tempo de avaliação, percebe-se, que o desenvolvimento inicial das mudas conduzidas ao longo do ensaio sem défice hídrico e com adubação de cobertura apresentam maiores valores, embora não superior pelo teste de Tukey a 5% de significância (Figuras 29 e 30).

Como as avaliações do crescimento dessa espécie, requer um tempo relativamente longo, pois, o ciclo de corte das florestas de *Pinus* normalmente é de doze anos nas condições de uso da madeira para processamento, os dados serviram com um indicativo da necessidade de condução de experimentos com um número maior de mudas e maior tempo de avaliação nessas condições de produção.

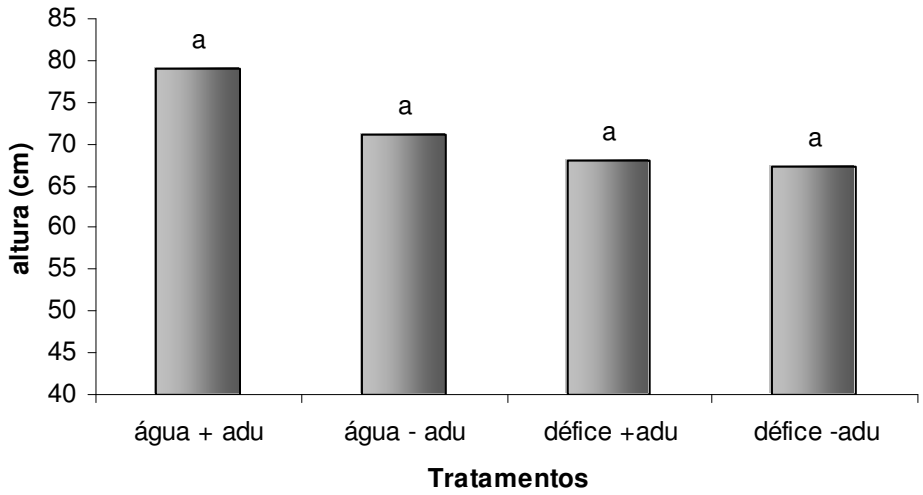

Figura 29. Altura média (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede aos 10 meses de idade nos diferentes tratamentos, avaliadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

Percebe-se apenas uma tendência de melhores valores de diâmetro e altura nos tratamentos com adubação e água, onde as plantas tiveram uma melhor condição de formação antes do plantio, pois, não houve diferença estatística entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As mudas dos diferentes tratamentos apresentaram bom desenvolvimento inicial no campo, demonstrando que a montagem dos experimentos não prejudicou a formação de mudas de *Pinus oocarpa.*

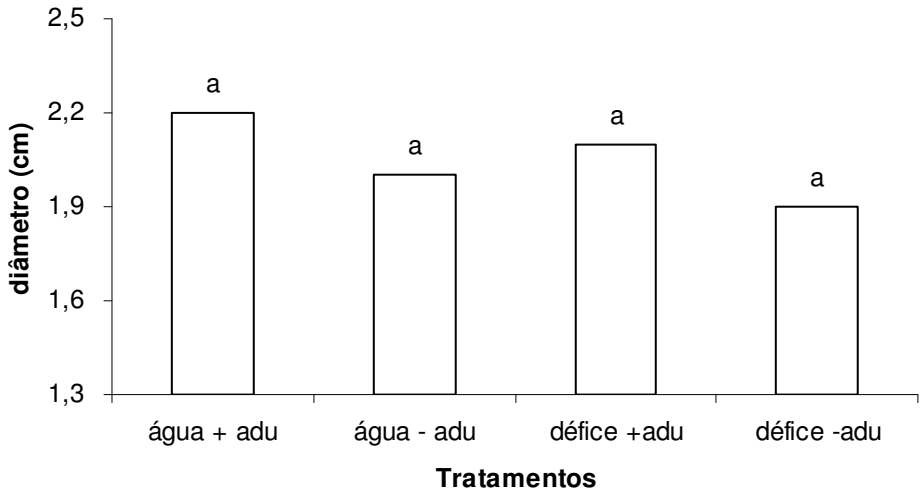

Figura 30. Diâmetro médio (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede aos 10 meses de idade nos diferentes tratamentos, avaliadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

5. CONCLUSÕES

Avaliando-se os resultados dos experimentos pode-se concluir que:

As mudas de *Pinus oocarpa* Schiede quando submetidas a tratamentos de adubação sem restrição hídrica desenvolveram melhor nos parâmetros diâmetro a altura do colo e altura total.

O melhor nível freático na avaliação de diferentes profundidades foi de 31 cm onde as mudas obtiveram os melhores valores de incremento de crescimento da biomassa.

Quando houve água em excesso o desenvolvimento das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede foi reduzido em conseqüência à falta de oxigênio e a morte de raízes.

A adubação influenciou positivamente na relação de desenvolvimento da matéria seca da parte aérea e sistema radicular. O tratamento com nível freático de 31 cm com adubação foi o melhor tratamento na avaliação do peso seco (g) de raízes, e o tratamento com nível freático 17 cm sem adubação o pior.

O teor relativo de água nas acículas não variou entre os tratamentos ao longo do ensaio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2006** ABRAF, Brasília, 80p, 2007.

ANDRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de plantas em ambientes protegidos. In: **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: Editores: José Geraldo Barbosa et al, UFV, 2004.

ARAÚJO, A.P. **A análise de variância em experimentos de analise de crescimento vegetal: um estudo de caso.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. **Resumos...**Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Viçosa, 1995. v.3, p. 1311-3.

AWARD, M.; CASTRO, P.R.C. A água na planta. In:_.**Introdução à fisiologia vegetal: movimento da água na planta**. São Paulo: Nobel, 1983. p.30-6.

BJÖRKMAN, O. Some viewpoints on photosynthetic response and adaptation to environmental stress. In: BRIGGS, W.R. (Ed.). **Photosynthesis**. New York, Alan Liss, 1989. p.45-58.

CARNEIRO, J. G. A. **Determinação do Padrão de Qualidade de Mudas de Pinus taeda, L. Para Plantio Definitivo.** Curitiba: UFPR, Dissertação (mestrado em ciência florestal), Universidade Federal do Paraná, 1976.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Brasília, 1986. 89 p. (Documentos, 17).

FARIAS, J. R. B. et al. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, n.1, p. 1-36, 1993a.

FERREIRA, M. e P. Y. KAGEYAMA - **Aspectos do Programa de Melhoramento Genético de Pinus Tropicais em Desenvolvimento pelo IPEF**. Piracicaba, IPEF. 70 p., 1974.

FIFE, D. N.; NAMBIAR, E. K. S. Accumulation and retranslocation of mineral nutrients in developing needies in relation to seasonal growth of young radiata pine tree. **Annal of Botany**, v.50, n.6, p. 817- 29, 1982.

GONÇALVES, M. R. **Crescimento, acúmulo de nutrientes e temperatura de copa em cinco espécies de Eucalyptus spp. sob dois regimes hídricos**.Viçosa, 1992. 84 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

HARDIE, A. D .K .e C. L. INGRAM - Utilization Potentials and Problems for Exotic Conifers in Zambia, with Special Reference to *Pinus kesyia* Royle ex Gordon. In: BURLEY, J. e D.G. NIKLES, ed. **Selection and Breeding to Improve Some Tropical Conifers**. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 2, p. 133-147, 1973.

HIGASHI, E. N.; PAULA, T. A.; SILVEIRA, R. L. V. A. **Absorção de micronutrientes em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na fase de produção de mudas.** RR Agroflorestal S/C Ltda., Piracicaba-SP, Brasil, 2005a.

HIGASHI, E. N.; PAULA, T. A.; SILVEIRA, R. L. V. A. **Absorção de macronutrientes em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na fase de produção de mudas.** RR Agroflorestal S/C Ltda., Piracicaba-SP, Brasil, 2005b.

ISMAEL, J.J. **Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimatação e na adaptação no campo de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex Maden).** Jaboticabal, 2001. 108p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2001.

KAISER, W.M. Effect of water défice on photosynthetic capacity. **Physiol. Plant**., v.71, p.142-149. 1987.

KEMP , R. H. Status of the C. F. I. International Provenance trial of ***Pinus oocarpa*** Schiede. In: BURLEY , J. e D.G. NIKLES, ed. **Tropical Provenance and Progeny Research and International Cooperation**. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1, p. 76-82,1973.

KLAR, A E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2ª Ed. São Paulo: Nobel, 1984. 408p.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Berlin: Spring-Verlag, 1995. 252p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. In: O balance de carbono das plantas. São Carlos: RIMA, 2000. 531 p.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Coord.) **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EDUSP, v.1 cap.8, 1979.

MARTIN, B. Initial Work on the Genetic Improvement of Tropical Pines in Congo-Brazzaville. In: BURLEY, J. e D.G. NIKLES, ed. **Selection and Breeding to Improve Some Tropical Conifers**. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, v. 2, p. 226-235, 1973.

MARTINEZ, M. - **Los Pinos Mexicanos**. 2nd ed. México, Ediciones Botas, 1948.

MILLAR, C. S. - Decomposition of coniferous leaf litter. In: DICKSON, C.H. & PUGH, G.J.F. ed. - **Biology of plant litter decomposition**. New York, Academic Press, 1974. v. 1.

MOTERSON, E. - Report from an Expedition to Mexico and Central America to obtain Seeds of Tropical Pines. In: FAO. **Forest Genetic Resources Information**. Roma, FAO, p. 2-5, 1973.

NETO, S. P. M.; GONÇALVES, J. L. M.; ARTHUR Jr., J. C.; DUCATTI, F.; AGUIRRE Jr., J. H. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, vol 27 nº. 2, Viçosa, 2003.

NOBEL, P.S. **Introduction to biophysical plant physiology**. San Francisco, W.H. Freeman, 1974. 488p.

PEÑUELAS, J. L.; OCAÑA BUENO, L. **La planta forestal para repoblaciones en medio mediterráneo: hacia una nueva concepción de cultivo en vivero**. Congreso forestal español. Lourizan, 1993.

POGGIANI, F.; LIMA, W. P., BALLONI , E. A.; NICOLIELLO, N. **Respiração edáfica em plantações de coníferas e folhosas exóticas em área de cerrado do estado de São Paulo.** IPEF n.14, p.129-148, 1977.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F., EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. Ed. Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, 2001, 906p.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera:conceitos, processos e aplicações**. Barueri, SP: Manole, 2004.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. In: GONÇALVES, J.L.M., BENEDETTI, V. (Eds). **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. p.135-165.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Competição por luz, água e nutrientes em povoamentos florestais. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, 1,** 1993, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, p. 161-172, 1993.

RUBIRA, J. L. P.; BUENO, L. O. **Cultivo de plantas forestales en contenedor.** Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaria General Técnica Centro de Publicaciones, 1996. 189 p.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. **Science,** v.148, p.339-346, 1965.

SEILER, J. R., JOHNSON, J. D. Physiological and morphological responses of three Half-Sib families of loblolly pine to water-stress conditioning. **Forest Science**, v.34, p.487-93, 1988.

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

SOUZA, C. M. P. de **Alterações em elementos agrometeorológicos relacionados com a orientação geográfica de estufa de polietileno**. 2003, 84 p. (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SOUZA, J. G.; BARREIRO NETO, M.; SILVA, J. B. V.; GILES, J. A. **Estudos de parâmetros fisiológicos para a resistência ao algodoeiro (Gossypium hirsutum L.) à seca**. Embrapa – Algodão, 1982. 20p. (Embrapa – Algodão. Documentos, 16).

STYLES, B. J. Studies on Variation in Central American Pines. I. The identity of *Pinus oocarpa* var. *ochoterenai* Martinez. **Silvae Genetica**, Frankfurt, 25: 109-118, 1976.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004, p. 75-93/ 143-197 / 614-623.

WELLS, C.G.; JORGENSEN, J.R. Nutrient cyclingin Loblolly pine plantatioris. In: BERNIER, B. e WINGET, C.H. Forest soil and land management Quebec: Université de Laval, 1975. p. 137-158.

WINTER, B., VIPOND, S. **Irrigação projeto e prática**. Trad. F.C. Verdade. São Paulo: EPU, 1977.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Tabela 1. Volume de água (mm) acrescentado aos diferentes tratamentos ao longo do ensaio

Tratamento	Data						Total
	30/11/2005	14/12/2005	28/12/2005	6/1/2006	17/1/2006	9/2/2006	
CA	42,6	66,4	82,6	43,1	112,2	120,3	467,2
CB	25,1	52,1	119,4	53,0	106,8	56,6	413,0
CC	51,5	26,0	94,3	29,6	113,1	118,5	433,1
CD	14,7	52,1	79,9	48,5	84,4	92,5	372,0
CE	20,5	45,8	106,8	55,7	111,3	107,7	447,8
CF	42,9	58,4	76,3	44,9	85,3	100,5	408,3

APÊNDICE 2

Tabela 2. Valores iniciais de diâmetro e altura das mudas de *Pinus oocarpa* plantadas em diferentes níveis freáticos

COM ADUBO			SEM ADUBO		
Colunas	**DIÂMETRO (cm)**	**ALTURA (cm)**	**Colunas**	**DIÂMETRO (cm)**	**ALTURA (cm)**
CA1	0,5	31,5	**CD1**	0,4	30,2
CA2	0,5	35,6	**CD2**	0,5	33,4
CA3	0,5	29,3	**CD3**	0,6	31,7
CA4	0,4	34,0	**CD4**	0,5	33,4
CA5	0,4	32,7	**CD5**	0,5	32,9
CA6	0,4	29,1	**CD6**	0,5	36,5
CB1	0,4	32,0	**CE1**	0,6	34,6
CB2	0,4	32,5	**CE2**	0,5	44,9
CB3	0,5	32,7	**CE3**	0,5	37,1
CB4	0,4	39,5	**CE4**	0,5	29,3
CB5	0,5	35,3	**CE5**	0,5	31,5
CB6	0,5	33,5	**CE6**	0,4	36,5
CC1	0,4	34,9	**CF1**	0,6	39,0
CC2	0,4	31,5	**CF2**	0,4	33,0
CC3	0,4	30,5	**CF3**	0,4	29,6
CC4	0,3	32,5	**CF4**	0,5	29,1
CC5	0,4	29,0	**CF5**	0,4	36,9
CC6	0,5	38,5	**CF6**	0,5	34,7

APÊNDICE 3

Tabela 3. Valores iniciais de diâmetro e altura das mudas de *Pinus oocarpa* plantadas nos vasos

	planta a		planta b		planta c	
Vasos	**diâmetro (cm)**	**altura (cm)**	**diâmetro (cm)**	**altura (cm)**	**diâmetro (cm)**	**altura (cm)**
VA1	0,3	28	0,4	28,2	0,5	33,2
VA2	0,4	21,3	0,7	25,6	0,3	23,5
VA3	0,3	26,1	0,4	34	0,3	26,6
VA4	0,4	24,6	0,4	26,3	0,3	23,3
VA5	0,3	23	0,5	32,5	0,3	25,8
VA6	0,4	27	0,5	24,5	0,3	21,9
VA7	0,4	18,2	0,3	28,3	0,4	31
VA8	0,3	21,5	0,5	26,5	0,3	27,2
VA9	0,3	24,9	0,5	24,8	0,4	27
VA10	0,3	25,4	0,3	26,6	0,3	24,5
VA11	0,3	22,6	0,3	22,4	0,3	25,5
VA12	0,5	28,3	0,3	27,5	0,4	27,5
VB1	0,5	30	0,3	35,1	0,4	35,1
VB2	0,3	24,3	0,3	23,9	0,4	24,6
VB3	0,4	25	0,3	33,4	0,5	31,3
VB4	0,4	31,9	0,6	29,8	0,5	26
VB5	0,6	25,5	0,4	26,2	0,3	28,3
VB6	0,3	22,5	0,4	30	0,3	22,1
VB7	0,5	30,2	0,3	29,6	0,5	33,5
VB8	0,4	32,3	0,5	28,1	0,4	33,3
VB9	0,4	25,5	0,5	27,4	0,3	29,2
VB10	0,4	34,2	0,5	41	0,5	34,6
VB11	0,3	26,1	0,4	29	0,4	25
VB12	0,5	28,6	0,5	39,9	0,5	35,2
VB13	0,4	23,9	0,3	35,5	0,4	33,2
VB14	0,5	34,8	0,4	40,6	0,3	30,2
VB15	0,4	38,1	0,3	27,2	0,4	24,8
VB16	0,4	30	0,3	27,5	0,4	26,5

APÊNDICE 4

Tabela 4. Dados metereológicos de Botucatu coletados no período de avaliação do ensaio

Leitura	Chuva (mm)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Leitura	Chuva (mm)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
1/11/2005	0	22,4	14,2	1/1/2006	9,5	23,2	18,8
2/11/2005	0	24	13,8	2/1/2006	9,8	23,4	18,6
3/11/2005	0	27,4	15,6	3/1/2006	24,3	27,6	17
4/11/2005	0,2	24,6	17	4/1/2006	22	25,2	18,8
5/11/2005	0	28,2	16,4	5/1/2006	24,3	21	18
6/11/2005	0,5	30	16,8	6/1/2006	3,3	24,2	17,8
7/11/2005	0	30	17,6	7/1/2006	5	28,2	18,8
8/11/2005	0	27,6	15	8/1/2006	0	29	19,4
9/11/2005	0	24,4	14	9/1/2006	2,3	29	20
10/11/2005	0	25,4	14,8	10/1/2006	5	30,4	19,8
11/11/2005	0	26	13,2	11/1/2006	3,3	30,2	20
12/11/2005	0	26,6	14,8	12/1/2006	0	28,6	19,4
13/11/2005	0	32	15	13/1/2006	0	30	18,8
14/11/2005	0	32	18	14/1/2006	0	31	22,6
15/11/2005	14,7	32	18,2	15/1/2006	0	31,4	21
16/11/2005	0,5	32	20	16/1/2006	0	33	20
17/11/2005	3	31	20	17/1/2006	0	32,6	21,4
18/11/2005	0	27	21	18/1/2006	0	31	18,6
19/11/2005	5,5	27	20,6	19/1/2006	0,5	29,4	19
20/11/2005	0	27,4	18,8	20/1/2006	9,5	30	19
21/11/2005	0	28,4	14	21/1/2006	0	31,4	21
22/11/2005	0	30	15,6	22/1/2006	0	32,6	21
23/11/2005	0	29	19,8	23/1/2006	0	28,4	21
24/11/2005	13,7	27,8	20	24/1/2006	0	32,2	19,8
25/11/2005	11,5	23	19	25/1/2006	0,5	33,2	21,8
26/11/2005	0	22,8	15	26/1/2006	7,7	30,6	19,8
27/11/2005	0	27	14,4	27/1/2006	1	24	19,4
28/11/2005	0	28	14,6	28/1/2006	25,7	26,4	18,8
29/11/2005	0,5	28,8	17	29/1/2006	7,8	24	18,8
30/11/2005	13,7	23,8	19,6	30/1/2006	15,5	28	18,6
1/12/2005	10,2	24	18,8	31/1/2006	0	28	17
2/12/2005	0	22	17,8	1/2/2006	2	30	18
3/12/2005	0	23,8	14,8	2/2/2006	0	29,4	18
4/12/2005	0	27,6	14	3/2/2006	0	29	18,8
5/12/2005	19	27,6	19	4/2/2006	0	31	20,4
6/12/2005	4,5	23,4	18,8	5/2/2006	0	32	20,6
7/12/2005	0	25,4	16,4	6/2/2006	4	31,8	21,8
8/12/2005	0	26	14,6	7/2/2006	3	31,2	20,4
9/12/2005	0	28,4	16,4	8/2/2006	69,7	29,4	20,2
10/12/2005	5,7	30,6	19,8	9/2/2006	11	26,8	18,8
11/12/2005	0	24,6	17,6	10/2/2006	11,2	25	20,2
12/12/2005	0	22,6	15,2	11/2/2006	28,2	23,4	18
13/12/2005	0	26,6	16,2	12/2/2006	56	23,6	18

14/12/2005	0	27,2	16	13/2/2006	0	27,8	18
15/12/2005	0	28,6	14,6	14/2/2006	0,3	30	19,2
16/12/2005	0	30,2	17	15/2/2006	32,3	30,6	19,6
17/12/2005	60,3	26,6	19,6	16/2/2006	7,7	24,6	18,6
18/12/2005	11,8	25,2	17,4	17/2/2006	4,7	25,6	18,6
19/12/2005	0	25,4	17,6	18/2/2006	1,5	25,6	20,4
20/12/2005	16	28,6	18	19/2/2006	0	26,6	19
21/12/2005	10,5	28,6	18	20/2/2006	0,5	28,4	20,4
22/12/2005	2,8	29,6	18,4	21/2/2006	20,7	27,6	20,4
23/12/2005	0	30	19,8	22/2/2006	0,5	27,8	16,6
24/12/2005	4,5	29	21,4	23/2/2006	0,2	29,6	19
25/12/2005	14,7	28	18,6	24/2/2006	0	24,6	18,6
26/12/2005	0	27,6	16,4	25/2/2006	0	27,8	19
27/12/2005	0	27	16,6	26/2/2006	0	28,2	18
28/12/2005	0	28,2	16	27/2/2006	0	30	18
29/12/2005	1,5	29,4	15,4	28/2/2006	9,2	29,8	20
30/12/2005	4	29	18				
31/12/2005	32,5	28,4	18				

APÊNDICE 5 – Análises estatísticas

Tabela 5**.** Resultado da análise estatística de parte aérea de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede em diferentes níveis freáticos.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Trataments	5	247.22518	49.44504	17.9532 **
Resíduo	30	82.62338	2.75411	
Total	35	329.84856		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
ns não significativo (p >= .05)

GL: 5, 30 F-krit(1%) = 3.699 F = 17.9532 p < .00100

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	19.12000	b
2	22.17000	a
3	23.69333	a
4	15.92167	c
5	19.14167	b
6	17.63167	bc

DMS = 2.91329

MG = 19.61306 CV% = 8.46147

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6. Massa seca final (g) da parte aérea das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Trataments	5	247.22518	49.44504	17.9532 **
Resíduo	30	82.62338	2.75411	
Total	35	329.84856		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
ns não significativo (p >= .05)

GL: 5, 30 F-krit(1%) = 3.699 F = 17.9532 p < .00100

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	19.12000	b
2	22.17000	a
3	23.69333	a
4	15.92167	c
5	19.14167	b
6	17.63167	bc

DMS = 2.91329

MG = 19.61306 CV% = 8.46147

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 7. Incremento em altura (cm) de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede na presença e ausência de adubação de cobertura ao longo do ensaio, avaliado pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Trataments	1	503.88114	503.88114	15.6349 **
Resíduo	26	837.92600	32.22792	
Total	27	1341.80714		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
ns não significativo (p >= .05)

GL: 1, 26 F-krit(1%) = 7.7213 F = 15.6349 p < .00100

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	18.77000 a	nr = 10
2	9.91667 b	nr = 18

DMS = 11.67520 x Sqr(1/nr1 + 1/nr2)
Onde nr1 e nr2 são os números de repetições de duas médias comparadas
nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 13.07857 CV% = 43.40661

Tabela 8. Incremento em altura (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos ao longo do ensaio, avaliado pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Trataments	3	693.04590	231.01530	8.4585 **
Resíduo	24	655.48089	27.31170	
Total	27	1348.52679		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
ns não significativo (p >= .05)

GL: 3, 24 F-krit(1%) = 4.7181 F = 8.4585 p < .00100

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	22.60000 a	nr = 5
2	11.36667 b	nr = 9
3	14.94000 ab	nr = 5
4	8.41111 b	nr = 9

DMS = 14.41199 x Sqr(1/nr1 + 1/nr2)
Onde nr1 e nr2 são os números de repetições de duas médias comparadas
nr = número de repetições do tratamento

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 13.06071 CV% = 40.01359

Tabela 9. Incremento médio do diâmetro (cm) das mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos tratamentos com e sem défice hídrico ao longo do ensaio. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Trataments	1	0.09143	0.09143	6.2792 *
Resíduo	26	0.37857	0.01456	
Total	27	0.47000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
ns não significativo (p >= .05)

GL: 1, 26 F-krit(5%) = 4.2252 F = 6.2792 p = .01881

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	0.30714 a
2	0.19286 b

DMS = 0.09380

MG = 0.25000 CV% = 48.26666

Tabela 10. Diâmetro de colo (cm) dos tratamentos adubados e não adubados de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede ao final do experimento, avaliados pelo teste de Tukey a 5% de significância

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Trataments	1	0.03375	0.03375	8.8043 *
Resíduo	4	0.01533	0.00383	
Total	5	0.04908		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
ns não significativo (p >= .05)

GL: 1, 4 F-krit(5%) = 7.7086 F = 8.8043 p = .04126

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	0.95667 a
2	0.80667 b

DMS = 0.14048

MG = 0.88167 CV% = 7.02237

Tabela 11. Incremento em diâmetro (cm) dos diferentes níveis freáticos nos tratamentos ao longo do ensaio, avaliados pelo teste de Tukey a 5% de significância

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Trataments	5	0.36222	0.07244	2.4791 ns
Resíduo	30	0.87667	0.02922	
Total	35	1.23889		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
ns não significativo (p >= .05)

GL: 5, 30 F-krit(5%) = 2.5336 F = 2.4791 p = .05403

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	0.63333 a
2	0.51667 a
3	0.60000 a
4	0.38333 a
5	0.36667 a
6	0.46667 a

DMS = 0.30009

MG = 0.49444 CV% = 34.57316

Tabela 12. Massa seca (g) do sistema radicular de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede nos diferentes tratamentos

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Trataments	5	1839.68906	367.93781	23.5179 **
Resíduo	30	469.35042	15.64501	
Total	35	2309.03948		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
ns não significativo (p >= .05)

GL: 5, 30 F-krit(1%) = 3.699 F = 23.5179 p < .00100

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	23.40333	b
2	36.66667	a
3	25.81667	b
4	13.00667	c
5	28.02000	b
6	21.13167	b

DMS = 6.94354

MG = 24.67417 CV% = 16.03044