

BIANCA NADAL FOLTRAN

**EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE INTENSIDADE LUMINOSA NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS*
ST. HILL).**

CURITIBA

2004

BIANCA NADAL FOLTRAN

**EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE INTENSIDADE LUMINOSA NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS*
ST. HILL)**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Eduardo Teixeira da Silva
Co-orientador: Ms. Agenor Maccari Júnior

CURITIBA

2004

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que nos deu a vida e a natureza tão bela.

Agradeço a minha família, que sempre esteve junto comigo, acompanhando-me e dando-me o apoio necessário durante a realização deste trabalho.

Agradeço aos professores Dr. Eduardo Teixeira da Silva e Ms. Agenor Maccari Júnior pela orientação e amizade desenvolvidas.

Agradeço a Indústria Bitumirim pela doação das plântulas de erva-mate para que fosse possível a realização deste estudo.

Agradeço a todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, cooperaram no desenvolvimento deste trabalho.

SUMARIO

LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE FIGURAS	VIII
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 A CULTURA DA ERVA-MATE	3
2.1.1 Descrição botânica	3
2.1.2 Área de distribuição natural	4
2.1.3 Importância sócio-econômica da cultura	4
2.1.4 Produção de mudas de erva-mate	6
2.1.4.1 Parâmetros indicadores de qualidade de mudas	8
2.2 ESTUDOS SOBRE SOMBREAMENTO ARTIFICIAL EM MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS	10
2.3 IMPORTÂNCIA DE ALGUNS PARÂMETROS CLIMÁTICOS NO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS	12
2.3.1 Luminosidade	12
2.3.2 Temperatura do ar	14
2.3.3 Temperatura do solo	15
2.3.4 Umidade relativa do ar	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	17
3.2 SUBSTRATO DAS EMBALAGENS	20
3.3 REPICAGEM DAS PLÂNTULAS DE ERVA-MATE	20
3.4 PARÂMETROS MONITORADOS	21
3.4.1 Monitoramento da planta de erva-mate	21
3.4.2 Monitoramento climático	22

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS DO AMBIENTE	24
4.1.1 Luminosidade	24
4.1.2 Temperatura do ar	25
4.1.3 Temperatura do solo	28
4.1.4 Umidade relativa do ar	30
4.2 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA PLANTA	32
4.2.1 Altura da parte aérea	32
4.2.2 Número de folhas	36
4.2.3 Área foliar	40
4.2.4 Produção de matéria fresca da parte aérea	44
4.2.5 Produção de matéria seca da parte aérea	48
4.2.6 Comprimento de raiz	52
4.2.7 Área radicular	55
4.2.7 Produção de matéria fresca do sistema radicular	59
4.2.8 Produção de matéria seca do sistema radicular	62
5 CONCLUSÃO	69
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Composição química do solo empregado como substrato das embalagens de mudas de erva-mate	20
TABELA 2 - Período das avaliações realizadas nas mudas de erva-mate cultivadas em viveiro sob diferentes níveis de sombreamento	21
TABELA 3 - Período das avaliações climáticas realizadas em viveiro com diferentes níveis de sombreamento	23
TABELA 4 - Valores médios de luminosidade (%) sob diferentes materiais de cobertura às 9 horas	24
TABELA 5 - Valores médios de luminosidade (%) sob diferentes materiais de cobertura às 15 horas	25
TABELA 6 - Valores médios de temperatura do ar (°C) sob diferentes materiais de cobertura às 9 horas	26
TABELA 7 - Valores médios de temperatura do ar (°C) sob diferentes materiais de cobertura às 15 horas	26
TABELA 8 - Valores médios de temperatura máxima do ar (°C) sob diferentes materiais de cobertura	27
TABELA 9 - Valores médios de temperatura mínima do ar (°C) sob diferentes materiais de cobertura	27
TABELA 10 - Valores médios de temperatura do solo (°C) sob diferentes materiais de cobertura à 5 cm de profundidade às 9 horas	28
TABELA 11 - Valores médios de temperatura do solo (°C) sob diferentes materiais de cobertura à 10 cm de profundidade às 9 horas	29
TABELA 12 - Valores médios de temperatura do solo (°C) sob diferentes materiais de cobertura à 5 cm de profundidade às 15 horas	29
TABELA 13 - Valores médios de temperatura do solo (°C) sob diferentes materiais de cobertura à 10 cm de profundidade às 15 horas	30
TABELA 14 - Valores médios de umidade relativa do ar (%) sob diferentes materiais de cobertura às 9 horas	30
TABELA 15 - Valores médios de umidade relativa do ar (%) sob diferentes materiais de cobertura às 15 horas	31

TABELA 16 - Dados da ANOVA para altura de parte aérea.....	32
TABELA 17 - Médias de altura da parte aérea (cm) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.....	32
TABELA 18 - Médias de altura da parte aérea (cm) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes períodos.....	34
TABELA 19 - Dados da ANOVA para número de folhas	36
TABELA 20 - Médias de número de folhas de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento	37
TABELA 21 - Médias de número de folhas de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes períodos.....	37
TABELA 22 - Dados da ANOVA para área foliar	40
TABELA 23 - Médias de área foliar (cm ²) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.....	40
TABELA 24 - Médias de área foliar (cm ²) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes períodos.....	42
TABELA 25 - Dados da ANOVA para produção de matéria fresca da parte aérea	44
TABELA 26 - Médias de produção de matéria fresca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento....	45
TABELA 27 - Médias de produção de matéria fresca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes períodos.....	45
TABELA 28 - Dados da ANOVA produção de matéria seca da parte aérea	48
TABELA 29 - Médias de produção de matéria seca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento....	48
TABELA 30 - Médias de produção de matéria seca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes períodos.....	49
TABELA 31 - Dados da ANOVA para comprimento de raiz	52
TABELA 32 - Médias de comprimento de raiz (cm) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.....	52
TABELA 33 - Médias de comprimento de raiz (cm) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes períodos.....	53
TABELA 34 - Dados da ANOVA para área radicular	55
TABELA 35 - Médias de área radicular (cm ²) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.....	56

TABELA 36 - Médias de área radicular (cm ²) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes períodos	56
TABELA 37 - Dados da ANOVA para produção de matéria fresca do sistema radicular	59
TABELA 37 - Médias de produção de matéria fresca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.....	59
TABELA 38 - Médias de produção de matéria fresca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes períodos	60
TABELA 39 - Dados da ANOVA para produção de matéria seca do sistema radicular	63
TABELA 40 - Médias de produção de matéria seca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento .	63
TABELA 41 - Médias de produção de matéria seca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes períodos.....	64

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Detalhe da parcela	18
FIGURA 2 - Distribuição dos blocos e parcelas experimentais no viveiro	18
FIGURA 3 – Viveiro	19
FIGURA 4 – Posição dos instrumentos meteorológicos na parcela	23
FIGURA 5 - Curvas de altura de parte aérea (cm) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura sombrite 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	35
FIGURA 6 - Curvas de altura de parte aérea (cm) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	35
FIGURA 7 - Curvas de altura de parte aérea (cm) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	36
FIGURA 8 - Curvas de número de folhas de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura sombrite 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	38
FIGURA 9 - Curvas de número de folhas de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	39
FIGURA 10 - Curvas de número de folhas de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	39
FIGURA 11 - Curvas de área foliar (cm ²) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura sombrite 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	43
FIGURA 12 - Curvas de área foliar (cm ²) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	43
FIGURA 13 - Curvas de área foliar (cm ²) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	44
FIGURA 14 - Curvas de produção de matéria fresca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura sombrite 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	46

FIGURA 15 - Curvas de produção de matéria fresca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	47
FIGURA 16 - Curvas de produção de matéria fresca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro	47
FIGURA 17 - Curvas de produção de matéria seca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura sombrite 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	50
FIGURA 18 - Curvas de produção de matéria seca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	51
FIGURA 19 - Curvas de produção de matéria seca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro	51
FIGURA 20 - Curvas de comprimento de raiz (cm) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura sombrite 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	54
FIGURA 21 - Curvas de comprimento de raiz (cm) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	54
FIGURA 22 - Curvas de comprimento de raiz (cm) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.....	55
FIGURA 23 - Curvas de área radicular (cm ²) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura sombrite 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro	57
FIGURA 24 - Curvas de área radicular (cm ²) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro	58
FIGURA 25 - Curvas de área radicular (cm ²) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro	58
FIGURA 26 - Curvas de produção de matéria fresca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura sombrite 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro	61
FIGURA 27 - Curvas de produção de matéria fresca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro	62

FIGURA 28 - Curvas de produção de matéria fresca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro	62
FIGURA 29 - Curvas de produção de matéria seca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura sombrite 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro	65
FIGURA 30 - Curvas de produção de matéria seca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro	66
FIGURA 31 - Curvas de produção de matéria seca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro ..	66

RESUMO

Este experimento foi instalado em um viveiro construído na área experimental do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná com o objetivo de avaliar as alterações ocorridas nas características comerciais de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) em relação à diferentes níveis de sombreamento. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com sete tratamentos estabelecidos mediante o emprego do material Polysombra Difusora à base de 30, 50 e 70% de sombreamento e de quatro materiais de cobertura diversos: tecido, esteira de bambu, 3 folhas de palmeira e 2 folhas de palmeira. Durante oito meses, em um total de catorze amostragens, foram monitorados os parâmetros microclimáticos: temperatura do ar, temperatura do solo, umidade relativa do ar e luminosidade sob cada material de cobertura e avaliados os parâmetros referentes à planta como altura da parte aérea, número de folhas, área foliar, produção de matéria fresca e seca da parte aérea, comprimento de raiz, área radicular e produção de matéria fresca e seca do sistema radicular. Os maiores e menores valores de temperatura do ar, temperatura do solo e luminosidade foram encontrados, respectivamente, sob os materiais de cobertura tecido e bambu. Os maiores valores de umidade relativa do ar foram obtidos no tratamento Polysombra Difusora 70% e os menores no tratamento tecido. Polysombra Difusora 70%, 3 folhas e 2 folhas de palmeira foram tratamentos que apresentaram um nível de sombreamento semelhante entre si. No geral, os maiores níveis de sombreamento acarretaram em melhores características comerciais de mudas de erva-mate. O tratamento que utilizou 2 folhas de palmeira apresentou os melhores resultados para número de folhas, produção de matéria fresca e seca da parte aérea, produção de matéria fresca do sistema radicular e área radicular. O material de cobertura Polysombra Difusora 70% mostrou os maiores valores para altura da parte aérea e área foliar. A cobertura 3 folhas de palmeira acarretou às mudas maior comprimento de raiz. A produção de matéria seca do sistema radicular não foi influenciada significativamente pelos níveis de sombreamento. Na tomada de decisão sobre qual sombreamento a ser utilizado, devem ser considerados, principalmente, os parâmetros que refletem um crescimento equilibrado da muda como um todo e um bom desenvolvimento radicular.

PALAVRAS - CHAVE: erva-mate, *Ilex paraguariensis*, produção de mudas, sombreamento

ABSTRACT

This experiment was carried out in a nursery-garden built in the experimental area of the Soils Department and Agricultural Engineering of the Federal University of Paraná with the objective to assess the alterations happened in the characteristics commercials of yerba mate seedlings (*Ilex paraguariensis* St. Hill) in relation to different levels of shading. The experiment design was fully randomised blocks with seven treatments by the employment of the material Polysombra Difusora to the base of shading 30, 50 and 70% and of four several cover materials: fabric, bamboo mat, 3 palm tree leaves and 2 palm tree leaves. For eight months, in a total of fourteen samplings, the parameters microclimatic monitored were air temperature, soil temperature, air relative humidity and luminosity under each cover material and appraised the referring parameters to the plant seedling height, number of leaves, leaf area, production fresh and dry mass of leaves, root length, root area and production fresh and dry mass of roots. The largest and smaller values of air temperature, soil temperature and luminosity were found, respectively, under the cover materials fabric and bamboo. The largest values of air relative humidity were obtained in the 70% shading treatment and the smallest values in the fabric treatment. Shading 70%, 3 leaves and 2 palm tree leaves were treatments that presented a level of similar shading to each other. In the general, the largest shading levels carted in best characteristics commercials of yerba mate seedlings. The treatment that used 2 palm tree leaves presented the best results for number of leaves, production fresh and dry mass of leaves, production of fresh mass of roots and root area. Shading 70% showed the largest values for seedling height and leaf area. The cover material 3 palm tree leaves carted to the seedlings larger root length. The production of dry mass of roots was not influenced significantly by the shading levels. In choosing shade levels to grow seedlings, shoot/root ratio and development of root system should be considered.

KEY-WORDS: yerba mate, *Ilex paraguariensis*, production of seedlings, shading.

1 INTRODUÇÃO

A atividade ervateira tem uma grande importância econômica, principalmente nos três estados da região sul. Esse cultivo centenário de erva-mate demanda a produção de mudas para atender propriedades rurais e industriais, que buscam matéria-prima prioritariamente às indústrias de erva-mate para chimarrão e chá.

Informações sobre as técnicas de produção de mudas são de grande importância para que seja possível a sua utilização, com segurança, na formação de povoamentos florestais (FARIAS *et. al.*, 1997). No entanto, informações precisas sobre procedimentos para produção de mudas de espécies arbóreas nativas são muito escassas, existindo apenas sobre aquelas que detêm maior interesse econômico (CARVALHO FILHO *et al.*, 2002).

Um dos principais problemas encontrados para a implantação de povoamentos florestais é justamente a necessidade de estabelecer técnicas de produção de mudas de boa qualidade morfológica e fisiológica (STURION, 1988). Segundo STURION (1988) e FERROM (2000), pesquisas devem ser feitas para diminuir o período de permanência e homogeneizar o desenvolvimento das mudas em viveiro pois estudos mostram que o sucesso na implantação e desenvolvimento dos ervais está estreitamente relacionado com a qualidade de produção de respectivas mudas. DANTAS *et. al.* (1999) também afirmam que a produção de mudas sadias e vigorosas é indispensável para o bom desenvolvimento da cultura no campo.

Um fator de grande influência na qualidade de mudas de erva-mate é quanto a intensidade luminosa. No que se refere à fase inicial de desenvolvimento da planta, os dados relacionados ao crescimento estão sempre associados ao aspecto luminosidade, condição de extrema importância no desenvolvimento das mudas em função do seu caráter umbrófilo. Sendo assim, faz-se necessário a utilização de materiais de cobertura a fim de reduzir a incidência direta dos raios solares, diminuindo os efeitos extremos da radiação, o que resulta em mudas vigorosas e de boa qualidade para transplante (QUEIROGA *et. al.*, 2001).

No caso da erva-mate, os conhecimentos referentes aos efeitos da intensidade luminosa e do sombreamento sobre diferentes parâmetros relativos a crescimento e desenvolvimento da planta são escassos (KASPARY, 1985), principalmente quanto aos

efeitos decorrentes de diferentes luminosidades sobre mudas de erva-mate mediante sombreamento artificial.

Devido à existência de diversos materiais destinados ao sombreamento no mercado, assim como a variação dos graus distintos de sombreamento destes, não há ainda uma definição sobre a tecnologia de produção de mudas em viveiro de erva-mate ao nível do produtor e da indústria, além de persistirem aspectos tecnológicos indefinidos quanto à delimitação do grau de sombreamento ideal na produção comercial.

Em face à carência de informações e da importância da intensidade luminosa na qualidade de mudas de erva-mate, o presente trabalho tem por objetivo avaliar as alterações ocorridas nas características comerciais de mudas de erva-mate em relação à diferentes níveis de intensidade luminosa utilizando-se de materiais de cobertura diversos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DA ERVA-MATE

2.1.1 Descrição botânica

A erva-mate *Ilex paraguariensis* St. Hill pertence a família Aquifoliaceae, que conta com cerca de 600 espécies, das quais 60 ocorrem no Brasil. Recebeu este nome em 1822, conforme classificação botânica do francês naturalista August de Saint Hillaire, do Museu de História Natural de Paris (MAZUCHOWSKI et. al, 2000).

A erva-mate é um arbusto característico de planta de sub-bosque. O caule é um tronco de cor acinzentada, geralmente com 20-25cm de diâmetro, podendo chegar aos 50cm. Apresenta os ramos cilíndricos ou subcilíndricos, cinzentos. Os ramos terminais são densamente lenticelados, lenticelas pequeninas. A altura é variável dependendo da idade e o índice de sítio. Podem atingir 15m de altura, mas geralmente quando podadas, não passam de 7m. Trata-se de uma espécie de sombra, ou seja, umbrófila (COSTA, 1989; MAZUCHOWSKI, 1989).

As folhas (a parte mais importante do vegetal do ponto de vista econômico) são alternas, subcoriáceas ou coriáceas, e mostram-se estreitas na base e ligeiramente obtusas no vértice. Suas bordas são providas de pequenos dentes, visíveis principalmente da metade do limbo para a extremidade. O pecíolo é relativamente curto, medindo mais ou menos 15mm de comprimento e mostra-se um tanto retorcido. A folha inteira mede de 8 a 10cm de comprimento por 4 ou 5cm de largura (COSTA, 1989; MAZUCHOWSKI, 1989).

As flores são hermafroditas, pequenas, pedunculadas e dispostas na axila das folhas superiores. Elas são unissexuais por aborto. Em cada flor nota-se um cálice gamossípalo com 4 sépalas de cor verde clara e uma corola branca formada por 4 pétalas. Aparecem entre estas pétalas, em número de 4, os estames largos. Em relação ao comportamento das flores, podemos considerar a erva-mate uma planta dióica, embora nas plantas femininas encontremos estames que não funcionam, e, nas plantas masculinas o pistilo se deprime e aborta (MAZUCHOWSKI, 1989).

O fruto é uma baga-dupla globular muito pequena, pois mede somente 6 a 8mm. É de cor verde quando novo, passando a vermelho-arroxeadado em sua maturidade. A drupa

bem madura compõem-se de uma película violácea escura que reveste a polpa glutinosa, a qual envolve 4 sementes pequeninas, que apresentam tegumento áspero e duro (MAZUCHOWSKI, 1989).

2.1.2 Área de distribuição natural

A erva-mate possui uma área de dispersão geográfica que compreende a região centro-oeste do Rio Grande do Sul, passando através de quase todo o estado de Santa Catarina, penetrando no estado do Paraná, avança pela região centro-sul, estendendo-se a nordeste para o estado de São Paulo. Por outro lado, a oeste do Paraná segue em direção à região sul do Mato Grosso do Sul, abrangendo ainda parte da província de Misiones na Argentina e a parte oriental do Paraguai. Pode-se dizer que a superfície de abrangência geográfica da *Ilex paraguariensis* st. Hill, estende-se desde a latitude de 21° até 30° S e longitude de 48°30' até 56°10' W, o que corresponde a uma superfície aproximada de 540.000Km². Mais de 80% da área de distribuição de erva-mate encontra-se em território brasileiro, em uma região pertencente a um agrupamento vegetal típico do sul do Brasil conhecido como "formação de araucária" (COSTA, 1989; MAZUCHOWSKI, 1989; MAZUCHOWSKI et. al, 2000).

No mapeamento climático segundo Koeppen, fica evidenciado que a distribuição predominante da erva-mate é abrangida pelos tipos climáticos Cfb, seguido pelo Cfa. Toda esta área está compreendida na região sul-americana de climas pluviais temperados. Em sua grande maioria, as chuvas são regulares, distribuídas por todos os meses do ano, promovendo um clima sempre úmido (letra f), com variações de temperatura do mês mais quente superiores ou inferiores a 22°C (letras a ou b, respectivamente). Há pequenas áreas de ocorrência com os tipos climáticos Cwa ,temperado ou subtropical com período seco de inverno, e Aw ,tropical com período seco no inverno (MAZUCHOSWKI, 1989).

2.1.3 Importância sócio-econômica da cultura

A cultura da erva-mate, segundo CROCE & NADAL (1995), é uma das mais promissoras na busca de alternativas que maximizem a rentabilidade e, ao mesmo tempo, preservem e recuperem os recursos naturais, desde que praticada com um nível tecnológico adequado.

A erva-mate no Brasil faz parte do universo da propriedade agrícola, podendo-se distinguir duas situações de formação de ervais de produção à nível de propriedade rural: o erval nativo, que é aquele formado pela natureza, onde a intervenção do homem se dará para sua formação ou adensamento e o erval plantado, que é aquele formado pelo homem, seja em condições de sombreamento ou a pleno sol.

Somente para um pequeno número de produtores verticalizados, a erva-mate é componente principal da propriedade e, mesmo assim, muitas vezes associada a cultivos agrícolas intercalares. Para a grande maioria, ela é uma das várias atividades da propriedade e caracteriza-se por exigir poucos cuidados. Sob o aspecto sócio-econômico, o plantio da erva-mate promove a fixação do homem na zona rural, pois além de criar uma cultura permanente, o seu corte ou colheita (safra) ocorre justamente na entressafra dos produtos agrícolas (feijão, milho, etc.) criando desse modo um mercado de trabalho e uma fonte de receita adicional durante o período (COSTA, 1989).

O parque industrial ervateiro no Brasil é constituído predominantemente por unidades de pequena capacidade operacional. A relevância do caráter social da atividade ervateira é demonstrada pelos indicadores das propriedades rurais envolvidas, que segundo pesquisa do CONAMATE em 1997, giram em torno de 180 mil produtores, permitindo que sejam criados cerca de 710 mil empregos (MAZUCHOWSKI et. al, 2000).

Análises e estudos sobre o produto erva-mate têm revelado uma composição química que identifica propriedades nutritivas, fisiológicas e medicinais, o que lhe confere um grande potencial de aproveitamento, tanto para consumo "in natura" como para uso e aplicação industrial.

Em inúmeras aplicações industriais emprega-se a erva-mate, decorrente da composição química das folhas. Dentre as propriedades conhecidas predomina a produção de bebidas (na forma de chimarrão, tererê, chá mate queimado/ verde/ solúvel, refrigerantes) apesar do incremento em outros produtos, particularmente ao nível de terceiros mercados (corante natural, conservante alimentar, medicamentos diversos, produtos de higiene, cosméticos e produtos de despoluição ambiental).

O consumo brasileiro de erva-mate apresenta um crescimento progressivo lento, face aos baixos índices de marketing institucional. Verifica-se que do total de erva-mate processada no Brasil, aproximadamente 80% são consumidos no mercado interno (MAZUCHOWSKI et. al, 2000).

Em virtude do aumento da demanda por erva-mate, face à degeneração dos ervais nativos, ocorreu um crescimento das áreas com ervais à pleno sol (ervais plantados),

umentando assim, conseqüentemente, a necessidade de se produzir mudas de erva-mate para a formação de um erval de qualidade.

2.1.4 Produção de mudas de erva-mate

A produção de mudas sadias e vigorosas é indispensável para o bom desenvolvimento da cultura no campo e deve ser realizada em uma área própria para este fim, o que permite que elas sejam tratadas até estarem totalmente preparadas para o plantio no local definitivo (DANTAS, 1999).

Para a obtenção de mudas de erva-mate de boa qualidade, o primeiro passo é a seleção criteriosa das árvores matrizes fornecedoras de sementes, as quais devem ser vigorosas, bem desenvolvidas e bem produtivas em folhas, de meia-idade e que não tenham tendência acentuada de dominância apical. Após escolhidas as árvores matrizes, faz-se a colheita dos frutos maduros e, depois de colhidos, segue-se uma seqüência de atividades básicas de processamento para obtenção das sementes que consistem na maceração dos frutos (para separar a polpa da semente); na lavagem, secagem e limpeza das sementes e sua posterior armazenagem (MAZUCHOWSKI, 1989).

Obtidas as sementes, inicia-se propriamente a atividade de produção de mudas de erva-mate, seguindo uma seqüência de etapas interligadas, dentre elas: 1) estratificação das sementes adquiridas - é um processo usado para acelerar de modo regular a germinação das sementes de erva-mate recém colhidas. O método mais utilizado para realizar a estratificação é o da sementeira de areia, onde as sementes são colocadas entre camadas de areia dispostas em um uma caixa e permanecem neste ambiente de 6 a 7 meses, até a viabilização da sementeira; 2) sementeira das sementes estratificadas na sementeira - quando as sementes estiverem em condições de germinação, ou seja, com o tegumento frágil, irão para a sementeira. A época ideal para a sementeira são os meses de agosto e setembro; 3) processo de germinação das sementes - as sementes começam a germinar aproximadamente 40 dias após a sementeira; 4) desinfecção dos canteiros e da terra/ substrato; 5) enchimento das embalagens com terra; 6) repicagem das mudas de erva-mate para as embalagens - quando as plântulas estiverem com 3 a 5 cm ou 6 a 8 folhas, procede-se a operação de repicagem (MAZUCHOWSKI, 1989). A repicagem é um processo usado onde há necessidade de um melhor desenvolvimento, especialmente do sistema radicular, antes do definitivo transplante para o campo (VON HERTWIG, 1986).

Estando as mudas repicadas a nível das embalagens nos canteiros do viveiro, tornam-se necessárias algumas atividades específicas, objetivando a obtenção de boas mudas de erva-mate, entre elas a irrigação para que a umidade nas embalagens seja mantida; o arranquio das plantas daninhas que forem nascendo junto às mudas; a troca de lugar das mudas para evitar a desuniformidade e evitar a passagem das raízes para o solo; o sombreamento e a aclimação das mudas.

Quanto ao sombreamento, o mesmo faz-se necessário uma vez que a erva-mate requer intensidades baixas para desenvolver-se. Tal prática protege os sistemas radiculares delicados da muda das altas intensidades luminosas, diminui a temperatura do ar e do solo e a quantidade de regas, já que esta meia-sombra reduz a transpiração da planta e a evaporação da água no solo (MINAMI, 1995). Segundo MAZUCHOWSKI (1989), a cobertura das mudas deverá ser de, no mínimo, 70% nos trinta primeiros dias. Segundo o mesmo autor, o melhor sombreamento é obtido com uso de sombrite (30% de luminosidade). Alternativamente, poderá ser usada cobertura de esteiras de taquara. Três autores citados por STURION (1988), SCHENEIDER & PETRY (1985) e LESSING (1985) também discorrem sobre sombreamento em mudas de erva-mate. Os dois primeiros esclarecem que as mudas devem ser conduzidas sob 75% de sombra, por um período de 6 meses, sendo que posteriormente deve-se reduzir o sombreamento de 30 a 35%. O outro autor recomenda a condução da muda sob cobertura permanente de telas de sombrite a 1m de altura, com 50% de sombreamento.

A aclimação das mudas deve ser feita a fim de acostamá-las com o sol e o vento para garantir a diminuição da mortalidade na hora do plantio a campo.

O tempo em que as mudas permanecem no viveiro é difícil de precisar porque isso varia conforme o clima, fertilidade da terra e do ponto de repicagem ser atingido de forma e tamanho diferentes.

Os padrões de classificação de mudas de erva-mate para o estado do Paraná, conforme o Departamento de Fiscalização da Secretaria de Estado de Agricultura, especificam que as mudas atingem o ponto ideal de plantio quando tem o tamanho de 15 a 25cm, com maior incidência de pegamento para as mudas superiores a 18cm ou 10 a 12 pares de folhas, e diâmetro de colo mínimo de 3,0mm. Estes padrões são expressos por números ou indicadores de qualidade que exprimem a capacidade de sobrevivência e crescimento, apresentando desta forma a tendência de ganho econômico no estabelecimento e na produtividade dos povoamentos (CARNEIRO, 1995).

Mudas com bom padrão de qualidade são o elo que une as atividades técnicas desenvolvidas no viveiro e o seu desempenho, após o plantio.

2.1.4.1 Critérios de qualidade de mudas de erva-mate

De acordo com CARNEIRO (1995), fundamentalmente, em duas premissas de elevada importância que são o aumento do percentual de sobrevivência das mudas após o plantio e a diminuição da frequência dos tratamentos culturais de manutenção do povoamento recém-implantado. O aumento da porcentagem de sobrevivência decorre do uso de melhor padrão de qualidade e qualquer diminuição na frequência de manutenção implica em considerável redução de custos de implantação. O padrão de qualidade de mudas varia entre espécies e o objetivo é atingir uma qualidade em que as mudas apresentem características que possam oferecer resistência às condições adversas que poderão ocorrer posteriormente, mesmo tendo sido o plantio efetuado em período de condições favoráveis.

Segundo NADOLNY e MARTINS (1998), a qualidade da muda é definida a partir de algumas características da mesma, divididas em parâmetros fisiológicos, os quais englobam os aspectos "internos" das mudas e parâmetros morfológicos, que correspondem aos aspectos fenotípicos da planta. Entre os parâmetros fisiológicos têm-se potencial hídrico, estado nutricional e ecofisiologia de raízes. As medições dos parâmetros fisiológicos não são simples, e às vezes são até complicadas. Os viveiristas compreendem de forma mais intuitiva e fácil o alcance da qualidade morfológica. Entre os parâmetros morfológicos pode-se enumerar como principais as seguintes características:

- altura da parte aérea: é a altura em cm, tomada a partir do colo da muda, no nível do substrato até a gema apical. CARNEIRO (1995) conclui que a altura das mudas na ocasião do plantio exerce importante papel na sobrevivência e desenvolvimento nos primeiros anos após o plantio e que há limites no crescimento em altura das mudas no viveiro, acima e abaixo dos quais, o desempenho das mudas não é satisfatório, depois de plantadas.
- diâmetro do colo: é o diâmetro da muda em mm, tomado na base da parte aérea, logo acima do nível do substrato. Conforme CARNEIRO (1995), as mudas têm que apresentar um diâmetro de colo mínimo, de acordo com a espécie e que seja compatível com a altura, para que seu desempenho no campo corresponda às expectativas, já que os incrementos iniciais e a sobrevivência estão fortemente correlacionados com as dimensões do diâmetro, tomados no momento do plantio.
- peso verde: é o peso em grama, medida com a muda seca ao ar, a partir das partes aérea, radicular ou da muda total.
- peso seco: é o peso, em grama, medido após a secagem da muda em estufa até atingir peso constante, a partir das partes aérea, radicular ou da muda total. CARNEIRO (1995)

é de parecer que o peso da matéria seca da planta é uma boa indicação da capacidade de resistência das mudas.

- rigidez da haste: é a resistência oferecida pela haste da muda a uma força lateral, no sentido de curvá-la e representa a condição da muda em relação ao problema de tombamento no campo, causado por vento, chuva ou outro agente.
- número e tamanho das folhas: é um parâmetro normalmente definido como um mínimo, abaixo do qual as mudas são descartadas ou recuperadas para posterior reavaliação.
- aspecto visual: é a avaliação visual do aspecto geral da muda, tais como ocorrência de má formação, sanidade, coloração das folhas, rusticidade, conformação e vigor das raízes.

O padrão de qualidade para muda deve ser definido com base na necessidade de campo, objetivando não a muda em si, mas o desenvolvimento adequado do futuro erval no campo. Normalmente, o padrão mais utilizado na determinação da qualidade da muda é a altura da parte aérea, devido a facilidade de medição, avaliado conjuntamente com o aspecto visual e a sanidade da muda no momento da expedição para o campo. De acordo com MOSELE (1993), citado por FERRON (2000), os proprietários rurais consideram o tamanho como fator principal na qualidade das mudas de erva-mate. Consideram o tamanho médio ideal de muda com 22cm, variando de 13 a 30cm. Este aspecto demonstra que o padrão de qualidade das mudas deve basear-se, em termos de viveiro, em parâmetros de fácil mensuração e avaliação. Esses parâmetros já citados são fortemente influenciados pelas técnicas de manejo no viveiro, notadamente pela densidade (quantidade de mudas/m²), podas, espécies de fungos e grau de colonização de micorriza, fertilidade do substrato e volume disponível para cada planta, além de níveis de sombreamento, irrigação, adubação, dentre outras. Em se tratando de mudas de recipiente, há que se considerar, além dos aspectos citados, também a influência da forma, dimensões e do material que compõem a sua parede.

Em espécies de caráter umbrófilo (dentre elas a erva-mate), o nível de sombreamento empregado no viveiro tem especial importância no desenvolvimento e qualidade da muda. Devido a esta importância, vários autores têm utilizado o método de sombreamento artificial para avaliar o comportamento das mudas de espécies florestais quanto à intensidade luminosa e diversas variáveis vêm sendo estudadas, sendo as mais usadas a altura e o diâmetro de caule, a produção de matéria seca, a área foliar e as relações entre biomassa das partes aéreas e radicular (PEDROSO & VARELA, 1995; FARIAS *et al.*, 1997; SCALON *et al.*, 2001).

2.2 ESTUDOS SOBRE SOMBREAMENTO ARTIFICIAL EM MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS

BERKENBROCK & PAULILO (1999) analisaram o crescimento inicial das espécies florestais *Maytenus robusta* Reiss. e *Hedyosmum brasiliense* Mart. em três níveis de sombreamento (30, 50 e 75%). Para ambas as espécies, o crescimento mostrou-se favorecido por níveis mais baixos de luz. Em *Hedyosmum robusta* houve uma diminuição da razão raiz/parte aérea em menor nível de luz, levando a uma distribuição maior de biomassa para a parte aérea a fim de favorecer a captação de luz.

Estudando os efeitos do sombreamento em plântulas de angico-branco (*Piptadenia rigida* Benth.), guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake) e coração-de-negro (*Albizzia lebbbeck* (L.) Benth), POGGIANI et al. (1992), citados por FARIAS et al. (1997), concluíram que essas espécies apresentaram um maior crescimento em altura nas condições de sombreamento do que à plena luz. As plantas de *Piptadenia rigida* evidenciaram incrementos significativos de peso seco das folhas e da área foliar, quando expostas a 80% de sombra.

CARVALHO FILHO et al. (2002) estudaram o desenvolvimento de mudas de canafístula (*Cassia grandis* L.) a pleno sol e a 50% de sombreamento. As plantas sombreadas apresentaram maior número de folhas, altura, diâmetro de caule e peso de matéria seca de folha, caule e raiz em relação às que estavam a pleno sol.

Níveis de 50 e 80% de sombreamento foram testados em mudas de palmito (*Euterpe edulis* Mart.) por CALDEIRA et al. (1996). Eles observaram que as plantas de ambos os tratamentos apresentaram um bom desenvolvimento, no entanto não demonstraram diferença estatística significativa entre si para todos os parâmetros mensurados.

FONSECA et al. (1979) citados por CARNEIRO (1995) pesquisaram o desempenho de mudas de *Eucalyptus grandis* sob 0, 25, 50 e 70% de sombreamento. Os autores constataram diferença significativa nos parâmetros mensurados, exceto para a relação parte radicial/parte aérea. Constataram sob condições de 0 e 25% de sombreamento, maiores pesos de matéria seca e de diâmetro de colo das mudas. As alturas foram maiores sob 25 e 50%. A maior média da área foliar total por muda foi obtida sob 25% de sombreamento.

Muitos outros autores constataram ainda que o sombreamento pouco ou nada acrescentou à qualidade de mudas.

Em estudo de produção de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn), PEDROSO & VARELA (1995) utilizando níveis de sombreamento de 30, 50 e 70%,

concluíram que os níveis de sombreamento estudados não influenciaram o desenvolvimento das mudas em altura, peso da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular. No entanto, observaram que a área foliar revelou valor estatisticamente superior para mudas conduzidas sob 70% de sombreamento em relação as de 30% e que a razão de área foliar em mudas produzidas sob 50 e 70% de sombreamento não mostrou diferença significativa entre si, sendo superiores aos valores das mudas conduzidas sob 30% de sombreamento.

FARIAS et al. (1997), verificando a influência de quatro níveis de sombreamento (0, 30, 50 e 70%) no crescimento de mudas de cedrorama (*Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke), observaram que não ocorreram diferenças significativas na altura das mudas e no diâmetro do colo em função dos níveis de sombreamento e que os maiores valores de razão de área foliar e área foliar ocorreram quando as mudas foram cultivadas sob 70% de sombreamento. Verificaram também que as mudas cultivadas sob 50 e 70% de sombreamento apresentaram menor peso específico da folha em relação às produzidas a pleno sol e que os maiores valores de taxa de crescimento relativo foliar ocorreram nas mudas cultivadas sob sombreamento de 30 e 50%.

PINTO et al. (1993), citados também por FARIAS et al. (1997), observaram que as mudas de louro-piracuru (*Licaria canella* (Meissn.) Kosterm) produzidas sob 50% de sombreamento apresentaram maiores valores de peso de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular quando comparadas com não sombreadas. Concluíram que a altura, área foliar e razão de área foliar não foram influenciadas pelos níveis de sombreamento.

Avaliando o crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de 50 e 70% de sombreamento e a pleno sol, SCALON et al. (2001) concluíram que as mudas cresceram melhor sob condição de luz plena, onde apresentaram maior altura, diâmetro de caule, peso seco e área foliar.

SCALON & ALVARENGA (1993) citados por CARNEIRO (1995) avaliaram três níveis de sombreamento (pleno sol, 30 e 50% de sombra) em mudas de pau-pereira (*Platygyamus regnelli*) aos 40, 80, 120 e 160 dias após a semeadura. Os resultados demonstraram que o sombreamento não interferiu significativamente no comportamento das mudas, mostrando esta espécie relativa capacidade de tolerância ao sombreamento, pelo menos na fase inicial do desenvolvimento. Constatou-se ter havido ligeira tendência de maior desenvolvimento em mudas que se encontravam sombreadas.

O crescimento de mudas de angico-vermelho (*Piptadenia rigida*), ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*), jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*) e sobrasil (*Colubrina rufa*) foram analisados aos 17 meses de idade por REIS et al. (1994), citados por CARNEIRO (1995). Os tratamentos consistiram no sombreamento aos níveis de 0, 30 e 50%. Os autores

constataram que o nível de sombreamento afetou o crescimento em altura e em diâmetro das mudas. Verificou-se a "correlação positiva entre o crescimento em altura e o nível de sombreamento utilizado, em que as maiores alturas foram observadas sob intensidades de luz mais baixas, exceção do ipê-amarelo, que se apresentou insensível aos níveis de sombreamento aplicados. O crescimento em diâmetro variou com a espécie, não havendo resposta ao sombreamento, como observado com o crescimento em altura". Os autores recomendaram o sombreamento de até 30% para a produção de mudas de ipê-amarelo, sobrasil e jacarandá-da-Bahia, não aconselhando, contudo, o uso de sombreamento para angico-vermelho.

2.3 PARÂMETROS CLIMÁTICOS NO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS

Dentre os parâmetros climáticos que mais exercem influência no desenvolvimento e comportamento das espécies vegetais, destacam-se a luminosidade, a temperatura do ar, a temperatura do solo e a umidade relativa do ar.

2.3.1 Luminosidade

A luz é fonte de energia da qual as plantas dependem. Ela é importante no crescimento da planta por influir, entre outros processos, na taxa de fotossíntese. A intensidade, qualidade, duração e periodicidade luminosa influenciam tanto que quantitativamente como qualitativamente no desenvolvimento da planta (KRAMER & KOSLOWSKI, 1960; KENDRICK & FRANKLAND, 1981; PEDROSO & VARELA, 1995). A intensidade da luz é particularmente importante não só para sua conversão em energia química, mas também para alguns efeitos morfogênicos e para determinar a distribuição das plantas, além de afetar acentuadamente a taxa de liberação de O_2 ou de absorção de CO_2 durante a fotossíntese (WHATLEY & WHATLEY, 1982). A fotossíntese líquida de uma folha individual plenamente suprida de água aumentará com o aumento da intensidade luminosa até que por algum fator limitante se estabeleça uma taxa mais ou menos constante. A eficiência máxima da conservação de energia luminosa é representada pela parte em que a intensidade luminosa é baixa, pois o aproveitamento da energia incidente nos comprimentos de onda é maior, enquanto que em intensidades luminosas altas esta eficiência pode cair de maneira drástica quando a fotossíntese fica limitada por algum fator que não a luz (BLEASDALE, 1977). No caso do desenvolvimento da plântula, o estímulo ambiental é

simplesmente a presença de luz e as respostas dos vegetais quanto ao seu crescimento e desenvolvimento não são somente em relação à presença ou ausência de luz, mas também em relação à variação da intensidade luminosa (KENDRICK & FRANKLAND, 1981). Segundo SCALON *et al.* (2001), os diferentes graus de luminosidade causam, em geral, mudanças morfológicas e fisiológicas na planta, sendo que o grau de adaptação é ditado por características genéticas da mesma em interação com seu meio ambiente e os efeitos dessas diferenças de intensidade de luz são mais significativos no crescimento da planta do que na sua qualidade, principalmente no que se refere ao acúmulo de matéria seca, em condições naturais. A intensidade da luz afeta o crescimento da planta por seus efeitos diretos sobre a fotossíntese, a abertura estomática e a síntese da clorofila. Os seus efeitos na distensão e diferenciação da célula afetam o crescimento em altura, a dimensão da folha e a estrutura das folhas e dos caules (KRAMER & KOSLOWSKI, 1960). As diferenças nas intensidades da luz são também as maiores responsáveis pelas variações no tamanho das folhas pois, dentro de certos limites, quanto maior a intensidade luminosa, menor e mais espessa será a folha (WHATLEY & WHATLEY, 1982; CUTTER, 1987) enquanto que plantas mantidas em sombreamento tendem a ser mais altas e ter uma área foliar maior em relação as que crescem em plena luz do sol (KENDRICK & FRANKLAND, 1981), isso porque quando as plantas crescem em pleno sol, a luz intensa favorece o desenvolvimento de células longas em paliçada, muitas vezes dispostas em duas ou três assentadas, enquanto o sombreamento favorece a produção de uma maior quantidade de parênquima lacunoso. As folhas de luz possuem também, relativamente às que crescem à sombra, um maior número de estomas, paredes celulares e cutículas mais espessas, cloroplastídeos em menor número e maiores, e uma razão mais elevada entre a superfície interna da folha e a externa (KRAMER & KOSLOWSKI, 1960). Este aumento da área foliar com o sombreamento é uma das formas da planta aumentar rapidamente a superfície fotossintetizante e assegurar um aproveitamento maior das baixas intensidades luminosas (PEDROSO & VARELA, 1995). KENDRICK & FRANKLAND (1981) afirmam ainda que as respostas da planta quanto à variação da intensidade luminosa podem ser observadas ao nível subcelular, já que os cloroplastos de muitas espécies, em baixa intensidade luminosa, orientam-se de modo que a sua secção mediana máxima esteja voltada para a luz a fim de permitir sua máxima absorção, enquanto que em intensidades luminosas muito altas eles se orientam de modo que a secção mediana mínima esteja em direção à luz, protegendo deste modo os pigmentos fotossintéticos. Ainda quanto à intensidade luminosa, BLEASDALE (1977) afirma que uma planta usa a luz mais eficientemente quando

suas folhas são uniformemente iluminadas com intensidades baixas do que se algumas ficam supersaturadas por intensidades altas e outras permanecem em profunda sombra.

2.3.2 Temperatura do ar

A temperatura do ar é de vital importância para o crescimento, desenvolvimento e rendimento da planta. Muitos processos fisiológicos nas plantas superiores ocorrem entre temperaturas de 0 a 40° C , existindo portanto, uma ampla faixa de temperatura para o crescimento vegetal, embora algumas culturas sejam adaptadas à relativamente baixas, moderadas ou até altas temperaturas. O ganho líquido na produção de matéria seca varia com a temperatura, assim como a divisão e alongação celular e a formação de flores. A fotossíntese freqüentemente mostra uma eficiência ótima numa faixa regularmente ampla e um decréscimo acima de 35° C; a respiração tem sua taxa dobrada com um aumento de 10° C na temperatura, sendo que acima de 45° C ocorre um abrupto declínio na respiração, devido ao dano no mecanismo da mesma (MOTA, 1989), temperaturas muito elevadas determinam a cessação da transpiração e a seguir a paralisação da fotossíntese, numa reação da planta ao acúmulo excessivo de calor (VON HERTWIG, 1986). No entanto, altas temperaturas geralmente não são tão destrutivas para as plantas quanto as baixas temperaturas, desde que o suprimento de umidade seja suficiente para evitar o murchamento (AYOADE, 1991). Já as baixas temperaturas matam ou prejudicam as plantas. A maioria das espécies vegetais apresenta redução no crescimento e desenvolvimento quando a temperatura do ar é inferior a 10 – 12° C (MARTINS et *al.*, 1999). O resfriamento prolongado das plantas retarda o crescimento vegetal devido à redução da absorção de água e nutrientes pelas raízes, à diminuição da taxa de assimilação líquida, à redução do transporte e distribuição de assimilados, à redução da expansão foliar e à alterações anatômicas e morfológicas nas folhas que tornam-se mais curtas, largas e grossas, com pecíolos de menor longitude (AYOADE, 1991; MÍNGUEZ, 1998 citado por MARTINS et *al.*, 1999). A redução da absorção em consequência de baixas temperaturas ocorre por causa do aumento da viscosidade da água e da diminuição da permeabilidade da membrana celular, implicando em alterações fenológicas nos vegetais (MARTINS et *al.*, 1999). Em viveiros, as flutuações na temperatura, ora muito baixas, ora muito altas, são o que mais pode afetar o desenvolvimento das mudas, pois a falta de controle da temperatura pode provocar distúrbios que podem tornar-se irreversíveis ou afetar bastante as mudas, com queda na sua qualidade (MINAMI, 1995).

2.3.3 Temperatura do solo

A temperatura do solo, juntamente com a temperatura do ar, afeta todos os processos de crescimento das plantas (AYOADE, 1991). Em muitas ocasiões, a temperatura do solo é de maior significação ecológica para o vegetal do que a temperatura do ar e pode diferir muito desta em virtude de responder mais aos efeitos locais de insolação, topografia e outros efeitos semelhantes. A temperatura do solo, particularmente as extremas, influi na germinação das sementes, atividade funcional das raízes, velocidade e duração do crescimento das plantas, ocorrência e severidade de doenças e pode também causar lesões destrutivas nos caules e comprometer o enraizamento definitivo das mudas (VON HERTWIG, 1986; MOTA, 1989). As baixas temperaturas do solo impedem a absorção dos nutrientes minerais, o que resulta em pequeno crescimento vegetal se tal condição persistir. A temperatura do solo pode ainda influir no desenvolvimento do índice de área foliar das plântulas e torna-se, gradualmente, de maior importância para a fase vegetativa e reprodutiva. Para temperaturas quase ótimas, a cada grau de incremento na temperatura do solo, a absorção da água acresce na ordem de 10% e a condução da água nos vasos do xilema e nas folhas aumenta na ordem de 1%. A temperatura diurna do solo é muitas vezes de maior importância do que a noturna, sendo necessária para manter um equilíbrio interno favorável de água na presença de uma taxa elevada de evaporação diurna (MOTA, 1989).

2.3.4 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar (UR) é um elemento de características primordiais no comportamento dos vegetais. É definida como a relação entre o teor em vapor d'água que o ar contém e o teor máximo que poderia conter à temperatura ambiente (OMETTO, 1981). A UR não oferece informação sobre a quantidade de umidade na atmosfera, mas informa quanto próximo o ar está da saturação. É grandemente influenciada pela temperatura do ar, podendo seu valor variar se houver uma mudança na temperatura do ar, mesmo que não ocorra nenhum aumento ou diminuição em seu conteúdo de umidade (AYOADE, 1991). As plantas tem as suas funções fisiológicas estreitamente ligadas à quantidade de vapor existente no ar atmosférico. A planta para que tenha crescimento e desenvolvimento ideais, é necessário que efetue um processo físico fisiológico de trocas com o meio, chamado evapotranspiração, processo esse que tem estreita relação com a quantidade de vapor d'água existente no ar atmosférico (OMETTO, 1981). A alta umidade atmosférica tem,

segundo MOTA (1989) no mínimo dois efeitos benéficos possíveis no crescimento da planta. Primeiramente, muitas plantas podem absorver diretamente umidade do ar saturado de alta umidade. Segundo, a umidade pode afetar a fotossíntese. Muitas plantas crescem bem com a alta umidade atmosférica, exceto quando o ar saturado persiste durante semanas e ocasiona completa interrupção da transpiração. Sendo mantida as demais condições, a evapotranspiração decresce com o aumento da umidade. A alta umidade do ar também influi no aparecimento de desordens fisiológicas e de doenças nas plantas. Em situação de excessiva higrometria, pode ocorrer um descompasso entre demanda evaporativa e capacidade do sistema radicular em absorver água e nutrientes (MARTINS et *al.*, 1999).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no período de abril a dezembro de 2003 na área experimental do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, localizada no município de Curitiba, situado na latitude 25° S, longitude 49°16' W e altitude aproximada de 930m. O clima da região, segundo a classificação de Koeppen (Cfb), corresponde a um clima subtropical super úmido, com verão fresco, e geadas demasiadamente freqüentes (média de 5 geadas/ano). A temperatura média anual é de 16,5°C, com média do mês mais quente e mais frio de 20,1 e 12,0°C respectivamente. O mês mais chuvoso é janeiro e o menos é agosto.

O viveiro construído para realização da pesquisa abrangia três blocos, medindo cada um 12,5m de comprimento, 1m de largura e 1m de altura, com distância de 1m de um bloco para outro. O chão do viveiro foi coberto com brita para dificultar o aparecimento de plantas daninhas, facilitar o manuseio das mudas e a passagem pelo viveiro e impedir a permanência direta da muda sobre o solo. Cada bloco foi dividido em 7 parcelas, cada uma correspondente a um tratamento diferente, com área de 1,5m de comprimento e 1m de largura, sendo a área útil da mesma de 1,20 x 0,6m. Em cada parcela havia 119 plantas (17x7), totalizando 2.499 plantas no viveiro. Foram deixadas duas e uma linha de cada lado, respectivamente no comprimento e largura da parcela para a faixa de bordadura. As mudas foram colocadas uma ao lado da outra e presas por uma armação de bambu e arame de aço feita ao redor das mesmas. A Figura 01 detalha uma parcela experimental.

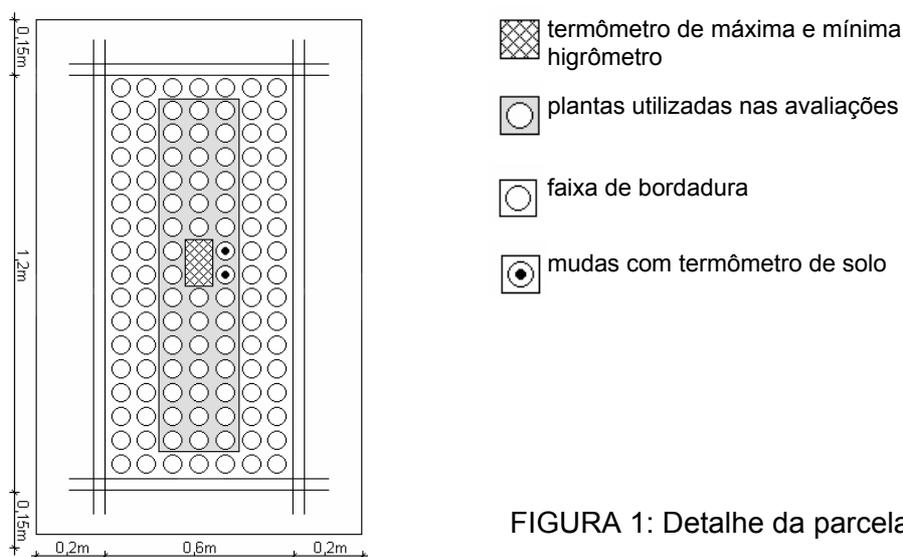


FIGURA 1: Detalhe da parcela

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 14 x 7 (14 períodos de avaliação e 7 níveis de sombreamento), sendo 3 o número de repetições por tratamento, num total de 21 parcelas. Os tratamentos foram estabelecidos visando dar às mudas condições diferenciadas à luminosidade ambiental mediante o emprego do material Polysombra Difusora à base de 30% de sombreamento (T1), 50% de sombreamento (T2) e 70% de sombreamento (T3) e de quatro materiais de cobertura diversos: tecido (T4), esteira de bambu (T5), 3 folhas de palmeira (T6) e 2 folhas de palmeira (T7). A distribuição das parcelas experimentais no viveiro é mostrada na Figura 02.

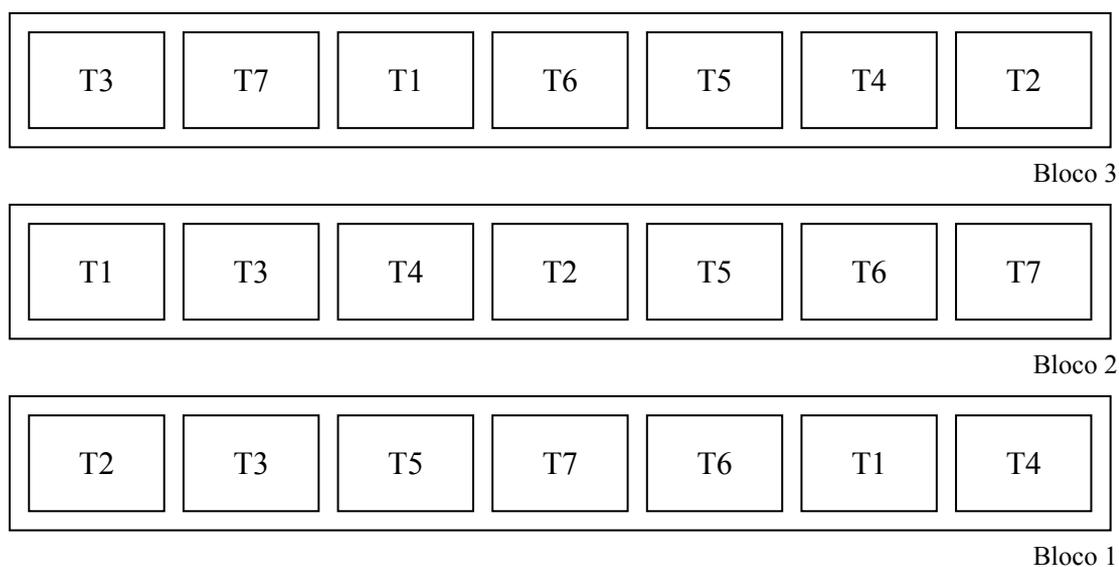


FIGURA 2: Distribuição dos blocos e parcelas experimentais no viveiro

As coberturas para sombreamento das mudas foram sustentadas pelo uso de suporte de madeira e estrutura de arame de aço com altura de 1m em todos os tratamentos e presas nesta estrutura com arame de aço e fitas. Para feitiço da esteira, os bambus foram cortados ao meio e presos uns aos outros por fitas. Os sombrites e os demais materiais de cobertura foram colocados de forma a cobrir toda a parte superior do viveiro.

O controle de plantas daninhas foi efetuado através do arranquio. As irrigações foram realizadas sempre quando necessário, bem como o controle de doenças, sendo empregado para este fim três diferentes fungicidas, aplicados alternadamente com a ajuda de pulverizador costal.



FIGURA 3 – Viveiros

Os tratos culturais empregados pelos viveiristas a campo serviram como modelo na condução deste experimento. Assim, a irrigação foi efetuada de acordo com as necessidades de stress hídrico, o arranquio de ervas daninhas serviu como prática no controle de plantas daninhas e a aplicação alternada de fungicidas com pulverizador costal no controle de doenças e pragas.

3.2 SUBSTRATO DAS EMBALAGENS

O solo empregado nas embalagens das mudas de erva-mate foi obtido e transportado do município de Pinhais, sendo classificado como Solo Orgânico (pela antiga classificação de solos) ou Organossolo háplico. A composição química do solo consta na Tabela 1, aliando-se aos parâmetros físicos de 25% de argila, 60% de silte e 15% de areia.

TABELA 1 - Composição química do solo empregado como substrato das embalagens das mudas de erva-mate.

pH (CaCl ₂): 4,8	Al ⁺³ : 1,30 cmol/dm ³	H + Al: 11,30 cmolc/dm ³
Ca ⁺² + Mg ⁺² : 9,20 cmolc/dm ³		Ca ⁺² : 6,00 cmolc/dm ³
K ⁺ : 0,20 cmolc/dm ³		T: 20,28 cmolc/dm ³
P: 22,0 mg/dm ³	C: 46,2 g/dm ³	V: 44,28%

3.3 REPICAGEM DAS PLÂNTULAS DE ERVA-MATE

As plântulas de erva-mate utilizadas para a realização do experimento foram cedidas pela Indústria Bitumirim, localizada no município de Ivaí, situado na latitude 25⁰ S, longitude 50⁰51' W e altitude aproximada de 748m, com clima Cfb segundo classificação de Koppen, no Estado do Paraná e transportadas para Curitiba, com 5 meses (após germinação) em abril de 2003. Todos os processos necessários para obtenção das plântulas foram feitos pela empresa. A estratificação e a semeadura das sementes estratificadas foram realizadas em maio e setembro de 2002, respectivamente. O início da germinação deu-se em novembro de 2002 no viveiro que apresentou as mesmas condições da experimental.. Nas seguinte condições locais, período atípico, não recomendado pelos viveiristas e ervateiros por se tratar de estação outono-inverno onde apresentam dias mais curtos.

Antes de realizar a repicagem das mudas, as raízes das plântulas foram colocadas por poucos minutos em água com um pouco de fungicida, como medida preventiva para o controle de doenças. Efetuou-se então a repicagem em saquinhos plásticos de cor preta, tamanho 15 x 6 cm, já cheios de substrato, no período de 3 a 15 de abril de 2003. Esta operação foi realizada com auxílio de um pequeno bastão de madeira, a fim de fazer uma pequena cavidade no solo para que a raiz da plântula fosse colocada de maneira à permanecer reta. As plântulas eram levadas, à medida que eram repicadas, para um lugar sombreado adequado, permanecendo ali até a repicagem completa das mesmas, sendo então levadas ao viveiro.

3.4 INDICADORES QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS MICROCLIMÁTICOS E PRODUÇÃO VEGETAL DE MUDAS DE ERVA-MATE

A condução deste trabalho experimental compreendeu procedimentos metodológicos referentes às alterações fenológicas das plantas de erva-mate de acordo com os dias de

permanência em viveiro e às condições microclimáticas em diferentes níveis de sombreamento.

3.4.1 Produção vegetal das plantas de erva mate

Para determinar a evolução da produção vegetal das plantas de erva-mate em ambientes sob diferentes tipos de sombreamento, foram realizados tratamentos culturais como repicagens e caracterização de plântulas de erva-mate com cinco meses de idade e, para realizar o levantamento quinzenal de dados quantitativos sobre a situação fenológica das plantas e tempo de permanência foram selecionados 14 datas em um período de 7 meses durante o ano de 2003, o que pode ser observado na tabela 2 abaixo.

TABELA 2: Períodos das avaliações realizadas nas mudas de erva-mate cultivadas em viveiro sob diferentes níveis de sombreamento.

Avaliação	Data	Dias de permanência das mudas no viveiro
1	14 de maio	28
2	28 de maio	42
3	10 de junho	55
4	24 de junho	69
5	08 de julho	83
6	22 de julho	97
7	12 de agosto	118
8	26 de agosto	132
9	10 de setembro	147
10	23 de setembro	160
11	07 de outubro	174
12	21 de outubro	188
13	18 de novembro	216
14	02 de dezembro	230

Em cada avaliação foram utilizadas 3 plantas de cada parcela escolhidas ao acaso e dentro da faixa de bordadura, totalizando 63 plantas avaliadas em cada período de amostragem. Para avaliação das mudas tirou-se as mesmas das embalagens cuidadosamente e fez-se o destorroamento cuidadoso do substrato para evitar danos ou perdas de raízes. Os parâmetros mensurados foram:

- número de folhas
- comprimento (cm) de raiz e altura (cm) da parte aérea: medidos através do uso de régua graduada.

- produção de matéria fresca (g) da parte aérea e do sistema radicular: as mudas foram seccionadas em duas partes (parte aérea e sistema radicular) e pesadas por meio de balança analítica com precisão de 0,001g.
- produção de matéria seca (g) da parte aérea e do sistema radicular: a parte aérea e o sistema radicular foram acondicionados, separadamente, em sacos de papel devidamente identificados e levados para secagem em estufa com circulação de ar à 63°C até peso constante. Posteriormente foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001g.
- área foliar (cm²) e área radicular (cm²) : medidas com o auxílio de scanner de mesa, utilizando-se do software SCAN-PRO.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade através do programa estatístico SIRICHA

3.4.2 Acompanhamento das condições microclimáticas

Realizou-se o acompanhamento das condições microclimáticas sob cada um dos 7 níveis de sombreamento, a fim de avaliar o efeito físico provocado pelo tipo de material utilizado. Os parâmetros monitorados foram aqueles que poderiam indicar alterações no micro-clima e corresponderam à temperatura do ar ambiente, temperatura do solo a 5 e 10cm e umidade relativa do ar, medidos, respectivamente, com termômetro de coluna de Hg de máxima e mínima (durante período de 24 horas onde obteve-se a temperatura máxima e mínima neste intervalo, correspondente a o dia da avaliação), termômetro de coluna de Hg de 5 e 10cm e higrômetro. Estes foram colocados em cada tratamento do bloco central do viveiro, ao nível das plantas e no centro da parcela. A aferição da luminosidade foi feita através do uso de luxímetro digital, sendo realizada uma medida em ambiente externo e outra sob cada tipo de material de cobertura.

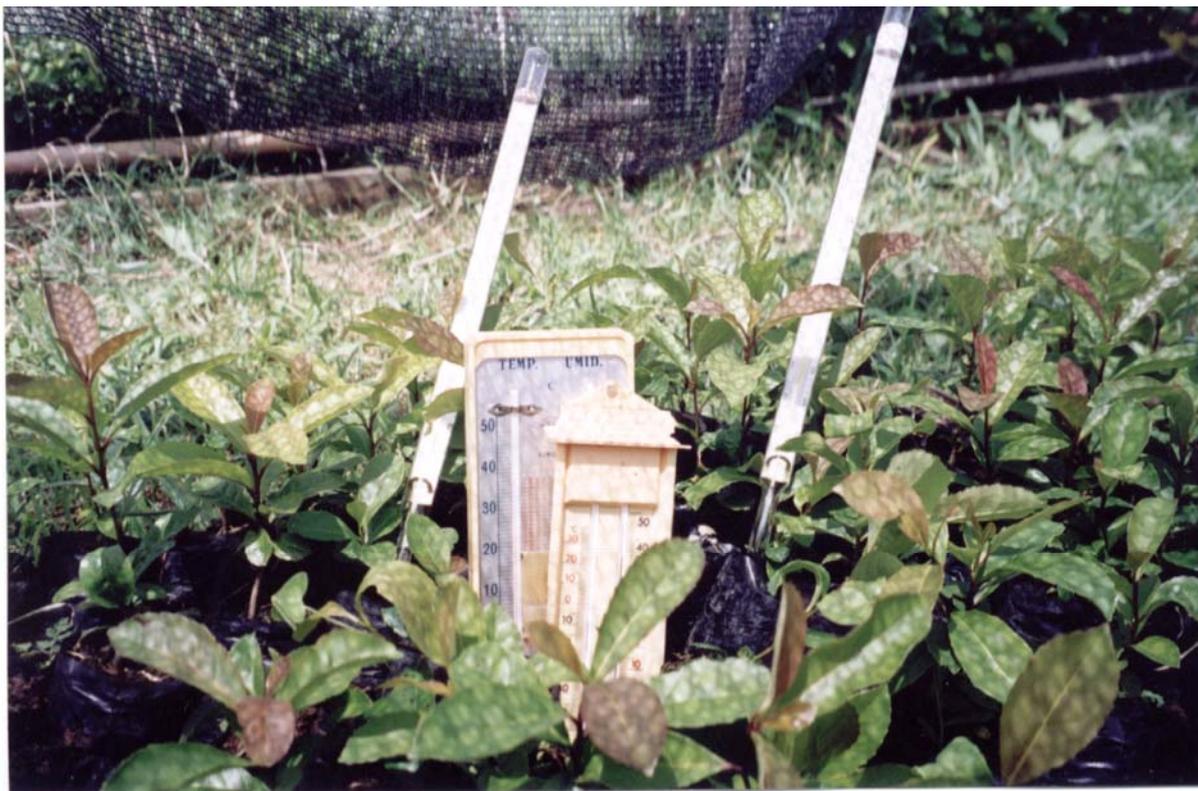


FIGURA 4 – Instalação dos instrumentos meteorológicos na parcela.

As leituras dos parâmetros climáticos foram realizadas por quatro dias consecutivos, nos horários de 9 e 15 horas, nos períodos de avaliação apresentados na Tabela 3.

TABELA 3: Período das medições climáticas realizadas em viveiro com diferentes níveis de sombreamento.

Medição	Data	Medição	Data
1	13 a 16 de maio	8	25 a 28 de agosto
2	26 a 29 de maio	9	09 a 12 de setembro
3	09 a 12 de junho	10	22 a 25 de setembro
4	não realizada	11	06 a 09 de outubro
5	07 a 10 de julho	12	20 a 23 de outubro
6	21 a 24 de julho	13	17 a 20 de novembro
7	11 a 14 de agosto	14	01 a 04 de dezembro

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ASPECTOS MICROCLIMÁTICOS

Dentre os aspectos microclimáticos analisados, as tabelas que seguem apresentam os valores médios de luminosidade, temperatura do ar, temperatura do solo a 5 e 10 cm de profundidade, temperaturas máximas e mínimas do ar e umidade relativa do ar em dois horários, às 9 e 15 horas.

4.1.1 Luminosidade

As Tabelas 4 e 5 apresentam os valores de luminosidade sob as diferentes coberturas utilizadas para sombreamento às 9 e 15 horas, respectivamente.

TABELA 4 - Valores médios de luminosidade (%) sob diferentes materiais de cobertura às 9 horas em 12 medições realizadas.

Trat.	Medições													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T1	59	63	69	-	-	44	54	74	60	68	88	60	68	64
T2	63	48	46	-	-	43	43	58	52	51	60	50	47	51
T3	41	23	25	-	-	16	21	26	22	23	30	24	23	25
T4	92	93	93	-	-	82	84	92	80	85	98	85	78	87
T5	20	10	13	-	-	10	35	26	5	16	27	16	8	17
T6	29	14	45	-	-	8	67	32	23	21	41	25	21	27
T7	48	24	37	-	-	10	62	35	28	17	34	27	26	32

TABELA 5 - Valores médios de luminosidade (%) sob diferentes materiais de cobertura às 15 horas em 12 medições realizadas.

Trat.	Medições													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T1	75	58	57	-	-	64	70	74	76	63	81	72	54	68
T2	52	38	68	-	-	45	43	56	58	46	61	51	47	51
T3	27	36	30	-	-	12	11	27	24	19	27	30	14	23
T4	81	75	80	-	-	68	76	87	93	76	96	92	75	82
T5	12	9	15	-	-	6	6	22	13	14	28	16	5	13
T6	31	29	35	-	-	10	9	30	25	28	35	27	21	26
T7	34	33	38	-	-	8	18	36	17	41	35	32	27	28

Entre os tratamentos, houve grande variação nos valores encontrados para o parâmetro luminosidade, tanto às 9 como às 15 horas, porém, os valores obtidos foram semelhantes em ambos os horários. Nos dois horários medidos, as maiores porcentagens de luminosidade foram encontradas sob a cobertura de tecido (valores superiores a 80%), seguida pelas coberturas Polysombra Difusora 30% (T1) e Polysombra Difusora 50% (T2). Valores de luminosidade inferiores aos encontrados nos tratamentos acima foram

observados nos materiais Polysombra Difusora 70% (T3), 3 folhas (T6) e 2 folhas (T7) de palmeira, os quais apresentaram valores próximos uns dos outros em quase todas as medições, indicando um nível de sombreamento semelhante entre eles (valores entre 20 e 40% na maioria das vezes). A esteira de bambu (T5) foi o tratamento que exibiu menores porcentagens de luminosidade entre todos os tratamentos.

4.1.2 Temperatura do ar

Com referência a temperaturas do ar há um aumento gradativo dos valores a partir da medição 10 (realizada no final de setembro), o que corresponde ao início da primavera. A Tabela 6 mostra os valores de temperatura do ar obtidos às 9 horas.

TABELA 6: Valores médios de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) sob diferentes materiais de cobertura às 9 horas em 13 medições realizadas.

Trat.	Medições													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T1	18,7	12,8	20,3	-	15,5	13,5	12,5	9,0	12,0	22,3	24,3	20,7	23,0	25,7
T2	16,5	14,3	19,0	-	17,0	16,0	12,7	12,7	13,0	22,3	24,0	20,3	23,0	24,3
T3	18,0	14,8	20,3	-	17,5	17,0	12,3	12,0	8,0	22,0	23,3	19,7	22,0	24,0
T4	23,0	17,0	22,0	-	20,0	16,5	13,0	12,7	10,0	23,7	25,7	22,3	25,7	25,3
T5	19,0	12,5	18,7	-	18,0	16,0	12,0	12,0	12,0	21,0	22,7	20,0	23,0	22,7
T6	18,3	14,0	19,3	-	16,5	18,0	11,7	12,0	20,0	21,0	24,3	19,3	24,3	24,7
T7	18,0	16,8	20,7	-	12,0	16,0	11,7	11,3	11,0	21,0	22,0	19,0	24,0	23,7

O tratamento que utilizou como cobertura o tecido apresentou, em quase todas as medições, as maiores temperaturas do ar para às 9 horas. Para todos os demais tratamentos, os valores de temperatura mostraram-se próximos uns dos outros. A Tabela 7 apresenta os valores de temperatura do ar obtidos às 15 horas para cada tratamento.

Tabela 7 - Valores médios de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) sob diferentes materiais de cobertura às 15 horas em 13 medições realizadas.

Trat.	Medições													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T1	22,6	20,3	20,7	-	18,0	22,0	18,0	15,7	19,0	31,3	26,3	21,3	30,0	36,0
T2	20,7	18,5	20,7	-	21,0	25,7	23,7	19,7	25,0	30,3	28,0	22,0	30,3	36,7
T3	23,4	21,8	23,0	-	19,5	24,0	21,7	19,3	23,0	31,0	25,3	20,7	28,7	30,7
T4	23,5	20,8	22,0	-	20,0	27,0	24,3	20,0	26,5	33,3	27,7	22,3	33,0	39,7
T5	20,7	14,3	19,0	-	18,5	24,0	18,3	16,7	20,0	29,3	25,3	21,0	26,7	31,0
T6	21,0	19,0	21,0	-	18,5	24,3	18,3	15,7	21,0	29,7	25,7	21,0	28,7	32,0
	21,0	19,5	21,3	-	19,0	24,0	22,3	16,3	19,5	30,7	27,0	21,0	27,0	31,7

O tratamento que apresentou as maiores temperaturas para às 15 horas foi o que utilizou o tecido como material de cobertura. As menores temperaturas para às 15 horas foram observadas no tratamento que empregou o bambu como cobertura, no entanto, os valores obtidos neste tratamento encontraram-se próximos aos obtidos nos tratamentos 3 folhas e 2 folhas de palmeira.

Na Tabela 8 observa-se as temperaturas máximas obtidas em cada tratamento.

TABELA 8 - Valores médios de temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$) sob diferentes materiais de cobertura em 13 medições realizadas.

Trat.	Medições													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T7	24,4	23,0	25,3	-	19,0	17,5	18,0	17,5	22,5	31,7	28,3	29,7	31,3	39,0
T6	26,0	21,5	25,0	-	22,5	27,0	24,7	24,0	29,5	36,0	32,7	26,0	33,0	40,7
T5	25,4	22,8	27,0	-	21,5	25,7	23,0	23,0	28,0	31,7	30,7	24,0	31,3	33,0
T4	28,3	23,8	26,7	-	22,5	28,0	25,3	24,5	30,0	35,0	33,0	27,0	36,3	44,3
T3	23,3	17,3	21,3	-	19,5	24,0	19,0	17,5	22,0	30,3	27,3	22,7	28,0	33,0
T2	25,6	20,8	23,7	-	20,0	25,3	19,7	19,0	25,5	31,3	28,0	23,0	29,7	34,3
T1	22,0	21,3	23,7	-	21,0	24,3	23,5	18,5	21,5	33,0	29,3	22,7	30,3	35,3

As maiores temperaturas obtidas através do termômetro de temperatura máxima durante o período de 24 horas corresponde ao dia de medição, foram verificadas em quase todas as medições, para o tratamento que utilizou o tecido como material de cobertura. O tratamento bambu apresentou as temperaturas máximas inferiores a todos os outros tratamentos. Nos demais tratamentos, observou-se uma semelhança entre os valores para temperatura máxima.

As temperaturas mínimas são apresentadas na tabela 9.

TABELA 9 - Valores médios de temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$) sob diferentes materiais de cobertura em 13 medições realizadas.

Trat.	Medições													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T1	12,3	4,5	13,3	-	9,0	7,0	7,0	7,0	3,0	14,7	16,3	14,3	14,3	18,7
T2	12,7	2,7	13,7	-	9,0	4,7	7,3	7,3	9,0	13,3	16,0	13,7	15,3	18,7
T3	13,0	5,5	13,3	-	7,5	5,7	8,3	8,3	2,0	13,7	16,7	14,0	14,0	19,0
T4	14,0	3,5	12,3	-	9,0	4,0	7,7	7,7	3,0	13,3	15,7	13,7	13,7	18,0
T5	12,7	9,0	14,0	-	8,0	5,3	7,7	7,7	3,5	14,3	16,3	14,0	14,0	19,0
T6	13,7	2,8	13,7	-	8,5	7,0	7,0	7,0	5,0	15,7	16,0	16,3	16,7	21,0
T7	14,3	5,3	13,0	-	7,5	5,7	5,7	7,3	5,0	15,0	16,7	14,0	14,7	19,7

O tratamento que empregou o tecido como cobertura apresentou as menores temperaturas obtidas através do termômetro de temperatura mínima durante o período de 24 horas corresponde ao dia de medição. Os outros tratamentos tiveram uma grande

semelhança para os valores de temperatura mínima apresentados, não diferindo muito entre si. Os valores acima mostram que não ocorreu muita variação entre os diferentes tipos de cobertura para a temperatura mínima em quase todas as medições.

O tratamento onde ocorreu as maiores variações de temperatura do ar foi o que utilizou o tecido como cobertura, uma vez que o mesmo apresentou os maiores valores para temperatura máxima e os menores valores para temperatura mínima. Ao contrário deste tratamento, encontra-se o que utilizou como cobertura o bambu, visto que este tratamento mostrou a menor oscilação para temperatura do ar.

Comparando os gráficos de temperatura do ar com os gráficos de luminosidade, nota-se uma estreita relação entre a luminosidade e a temperatura, uma vez que os tratamentos que receberam mais luz foram os que apresentaram as maiores temperaturas e vice-versa.

4.1.3 Temperatura do solo

Nas tabelas que representam as temperaturas do solo ocorre um aumento gradativo dos valores a partir da medição 10 (realizada no final de setembro), o que corresponde ao início da primavera.

Nas Tabelas 10 e 11 observa-se a temperatura do solo à 5 e 10 cm de profundidade às 9 horas.

TABELA 10: Valores médios de temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) sob diferentes materiais de cobertura à 5cm de profundidade às 9 horas em 13 medições realizadas.

Trat.	Medições													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T1	16,0	8,2	15,7	-	14,7	13,7	9,4	11,7	10,6	19,3	20,3	18,1	20,3	22,5
T2	16,1	8,5	15,7	-	14,2	13,6	9,1	11,1	9,2	18,1	19,5	17,2	20,0	21,5
T3	16,1	8,7	16,1	-	14,5	13,8	9,6	11,5	9,2	17,8	19,3	17,2	19,3	20,7
T4	16,6	8,9	15,9	-	14,6	13,9	9,8	11,8	11,0	18,8	20,1	18,5	21,0	21,9
T5	15,9	9,6	17,0	-	14,8	13,9	9,7	11,6	9,8	17,8	19,5	17,3	19,5	21,2
T6	16,2	9,8	16,9	-	14,9	14,3	9,7	11,5	11,2	18,3	19,3	17,1	19,5	21,7
T7	15,8	9,4	16,1	-	14,3	13,9	9,2	10,8	10,4	17,9	18,9	16,9	20,1	20,7

TABELA 11: Valores médios de temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) sob diferentes materiais de cobertura à 10 cm de profundidade às 9 horas em 13 medições realizadas.

Trat.	Medições													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T1	15,7	8,3	15,7	-	14,1	13,5	9,6	10,9	8,8	17,5	18,9	17,0	19,4	22,0
T2	15,9	8,2	15,5	-	14,2	13,7	9,3	11,3	8,6	17,4	18,8	17,1	18,5	21,3
T3	15,9	9,0	15,8	-	14,1	13,7	9,7	11,1	9,0	17,1	18,5	16,8	18,9	21,0
T4	15,9	8,5	15,7	-	14,4	14,1	10,1	12,3	10,8	18,4	19,7	17,7	19,7	21,9
T5	15,3	9,6	15,9	-	14,2	13,8	10,0	11,5	9,4	17,1	13,6	16,9	19,3	21,4
T6	15,4	8,9	15,7	-	14,7	14,4	10,0	11,7	9,2	18,4	19,6	17,7	19,4	21,5
T7	16,0	9,4	15,8	-	14,3	14,0	9,5	10,7	9,4	17,2	18,7	16,8	19,3	21,1

As temperaturas do solo para 5 e 10 cm de profundidade às 9 horas comportaram-se de modo muito semelhante para todos os tratamentos testados. Não houve grandes variações de um tratamento para outro em quase todas as medições. As temperaturas à 10 cm foram ligeiramente menores que à 5 cm.

Os valores de temperatura do solo à 5 e 10 cm de profundidade para às 15 horas são apresentados nas Tabelas 12 e 13.

TABELA 12: Valores médios de temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) à 5cm de profundidade sob diferentes materiais de cobertura às 15 horas em 13 medições realizadas.

Trat.	Medições													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T1	20,3	15,9	19,8	-	18,5	24,5	19,0	17,4	21,2	29,1	25,0	21,9	28,5	31,8
T2	20,5	15,3	19,1	-	17,1	19,6	16,9	16,0	19,3	26,6	23,5	21,4	24,5	28,7
T3	19,4	15,3	19,1	-	17,6	19,5	14,8	15,1	17,1	23,9	22,3	20,3	24,3	25,5
T4	22,0	16,6	20,3	-	18,6	21,7	17,9	17,3	20,9	28,8	25,1	23,5	28,6	29,7
T5	19,7	15,5	10,3	-	17,4	20,0	14,7	14,2	15,8	23,0	18,1	20,1	23,8	26,7
T6	19,5	15,3	18,7	-	17,3	20,5	16,5	15,3	17,5	25,2	22,7	20,6	24,9	27,8
T7	19,4	14,4	18,3	-	16,3	17,7	15,0	14,3	16,2	23,4	21,4	20,1	23,9	26,5

Houve uma maior variação de temperatura do solo entre os tratamentos para às 15 horas em comparação com os valores tomados às 9 horas. Os tratamentos que usaram como cobertura Polysombra Difusora 30% e tecido mostraram os maiores valores para temperatura medidos às 15 horas para 5 cm de profundidade. Ambos os tratamentos apresentaram valores muito semelhantes entre si. Os menores valores foram observados nos tratamentos que utilizaram bambu e 2 folhas de palmeira.

TABELA 13: Valores médios de temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) sob diferentes materiais de cobertura à 10 cm de profundidade às 15 horas em 13 medições realizadas.

Trat.	Medições													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T1	20,0	14,7	19,3	-	16,5	17,7	16,0	16,0	17,8	24,9	22,6	20,8	23,5	26,5
T2	19,3	14,7	18,9	-	16,7	17,9	14,2	15,0	16,0	23,0	21,5	20,1	23,6	26,5
T3	18,6	13,6	18,1	-	16,0	17,1	13,2	14,6	15,5	21,1	20,5	19,2	22,7	25,1
T4	20,9	15,9	19,5	-	17,1	18,3	16,3	16,8	18,9	25,9	22,7	21,6	24,9	27,2
T5	19,0	14,3	18,5	-	16,5	17,3	12,8	13,8	15,0	21,1	16,9	19,3	22,5	24,4
T6	19,2	13,4	18,1	-	16,6	18,3	14,2	14,5	15,7	22,9	21,9	20,9	23,2	25,1
T7	18,9	13,7	18,1	-	15,8	16,7	13,9	14,0	15,2	21,7	20,5	19,8	22,3	23,9

Os tratamentos bambu e 2 folhas de palmeira foram os que mostraram as menores temperaturas para o solo às 15 horas na profundidade de 10 cm. As maiores temperaturas foram registradas sob tecido, seguidas pelos tratamentos Polysombra Difusora 50% e Polysombra Difusora 30%. As temperaturas obtidas a 10 cm de profundidade foram ligeiramente menores que às obtidas a 5 cm.

4.1.4 Umidade Relativa do Ar

A Tabela 14 mostra os valores obtidos para umidade relativa do ar no horário de 9 horas.

TABELA 14: Valores médios de umidade relativa do ar (%) sob diferentes materiais de cobertura às 9 horas em 13 medições realizadas.

Trat.	Medições													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T1	94	82	90	-	95	100	92	81	74	88	94	97	85	97
T2	94	75	93	-	89	91	87	84	87	91	91	93	84	97
T3	94	94	100	-	100	100	100	100	100	91	100	96	97	97
T4	90	79	86	-	84	84	79	77	77	78	78	80	68	85
T5	88	86	94	-	95	100	96	93	93	88	94	97	76	97
T6	87	83	87	-	95	100	96	89	89	86	84	90	82	92
T7	80	81	85	-	95	100	92	84	84	88	91	96	82	97

O tratamento que apresentou os maiores valores para umidade relativa do ar foi o que utilizou o Polysombra Difusora 70% como cobertura, tendo apresentado diversas vezes o valor máximo de umidade (100%). Os menores valores foram verificados nas plantas sob o tecido, sendo que este tratamento apresentou valores relativamente baixos se comparado com o tratamento que fez uso de Polysombra Difusora 70%.

Os valores obtidos para umidade relativa do ar no horário de 15 horas são apresentados na Tabela 15.

TABELA 15: Valores médios de umidade relativa do ar (%) sob diferentes coberturas às 15 horas em 13 medições realizadas.

Trat.	Medições													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T1	75	55	83	-	95	79	71	70	73	61	84	86	76	88
T2	91	64	83	-	91	60	65	70	76	65	84	91	77	69
T3	77	87	94	-	100	72	89	93	100	60	97	100	89	87
T4	75	50	76	-	77	57	41	51	56	36	64	78	63	59
T5	79	52	86	-	87	69	70	79	75	66	89	88	79	75
T6	76	57	85	-	87	69	65	69	75	61	82	85	75	65
T7	62	53	82	-	91	77	76	79	75	59	86	86	81	68

Houve um declínio nos valores de umidade relativa às 15 horas em comparação com os valores obtidos às 9 horas. As maiores taxas de umidade foram observadas no tratamento Polysombra Difusora 70% e as menores no tratamento que utilizou o tecido.

Através das tabelas acima, é possível verificar uma relação entre umidade relativa e temperatura do ar, uma vez que o tratamento que usou o tecido apresentou os menores e os maiores valores de umidade relativa e temperatura do ar, respectivamente.

4.2 DESENVOLVIMENTO DA PLANTA

Para avaliação do desenvolvimento morfológico das mudas sob os diferentes níveis de luminosidade foram mensurados os parâmetros altura da parte aérea, número de folhas, área foliar, produção de matéria fresca da parte aérea, produção de matéria seca da parte aérea, comprimento de raiz, área radicular, produção de matéria fresca do sistema radicular e produção de matéria seca do sistema radicular em catorze diferentes períodos.

4.2.1 Altura da parte aérea

A análise de variância (ANOVA) exposta na Tabela 16 para os dados de altura da parte aérea apresenta os valores F calculados para os fatores tratamentos A (medições) e B (tipo de cobertura) superiores aos valores F tabelados. Assim, houve diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os dados para os tratamentos testados, indicando que, tanto o tempo quanto os materiais de cobertura influenciaram a altura da parte aérea. A interação A x B não foi significativa, uma vez que o valor F calculado foi inferior ao tabelado.

TABELA 16 - Valores da ANOVA para altura da parte aérea.

Causa da Variação	GL	SQ	QM	F	F05
Tratamento A	13	7090,460	545,420	646,026*	1,83
Tratamento B	6	149,734	24,956	29,559*	2,17
Interação	78	144,792	1,856	1,199	1,43
Tratamentos	97	7384,987	-	-	-
Blocos	2	14,885	-	-	-
Resíduo	194	163,788	0,844	-	-
Total	293	-	-	-	-

Coefficiente de Variação = 9,91%

As médias de altura da parte aérea das plantas encontram-se na Tabela 17.

TABELA 17 - Médias de altura da parte aérea (cm) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.

Tratamentos	Médias
Polysombra Difusora 70%	10,06* a**
3 folhas de palmeira	9,97 ab
2 folhas de palmeira	9,83 ab
Bambu	9,57 b
Polysombra Difusora 50%	8,90 c
Polysombra Difusora 30%	8,32 d
Tecido	8,26 d

* Valores médios de 14 avaliações ** Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

As mudas com maior altura da parte aérea foram encontradas nos tratamentos que usaram como cobertura Polysombra Difusora 70%, 3 folhas e 2 folhas de palmeira. Não houve diferença estatística significativa entre estes níveis de sombreamento, no entanto, os maiores valores para o respectivo parâmetro foram observados sob Polysombra Difusora 70%. O tratamento bambu não diferiu estatisticamente de 3 folhas e 2 folhas de palmeira e apresentou valores estatisticamente superiores em relação aos níveis de menor sombreamento. As plantas conduzidas sobre Polysombra Difusora 30% e tecido mostraram os menores valores de altura da parte aérea sem diferirem estatisticamente entre si.

Os dados corroboram com os de KENDRICK & FRANKLAND (1981) e WHATLEY & WHATLEY (1982) que afirmam que plantas mantidas em maior sombreamento tendem a ser mais altas do que as que crescem em menor sombreamento ou plena luz do sol. Este comportamento reflete um tipo de estratégia usada pelas plantas para buscar a luminosidade (WALTERS et al, 1993 citados por ALMEIDA et al, 2004).

Tais resultados vão de encontro aos obtidos por FERREIRA et al (1981), citados por FARIAS et al (1997), que observaram que mudas de *Pinus insularis* atingiram altura mais elevada quando produzidas sob 70% de sombreamento e MUROYA et al (1997), citados por CAMPOS & UCHIDA (2002) que encontraram maiores valores de altura nas mudas de

Calophyllum angulare cultivadas sob 70% de sombra. No entanto, diferem dos encontrados por SCALON et al (2000) que verificaram que mudas de pitangueira apresentaram crescimento em altura superior a pleno sol do que sob 70% de sombreamento. CAMPOS & UCHIDA (2002) também observaram que a altura da parte aérea de mudas de *Ochroma lagopus* foi maior sob 30% do que sob 70% de sombra. Outros autores constataram que os níveis de sombreamento não tiveram influência na altura das plantas, entre eles FARIAS et al (1997) em mudas de *Cedrelinga catenaeformis*, CAMPOS & UCHIDA (2002) em mudas de *Licaria canella* e *Hymenaea courbaril* e PEDROSO & VARELA (1995) em mudas de *Ceiba pentandra*.

A Tabela 18 apresenta as médias de altura da parte aérea obtidas em diferentes períodos de permanência das mudas no viveiro.

TABELA 18 Médias de altura da parte aérea (cm) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento e períodos de permanência no viveiro.

Dias	Tratamentos							Média
	PD 30%	PD 50%	PD 70%	Tecido	Bambu	3 folhas	2 folhas	
230	17,7	18,4	21,7	15,9	20,4	21,1	21,6	19,7 a*
216	16,1	17,5	20,2	15,6	20,2	20,1	19,9	18,5 b
188	13,0	14,0	15,5	12,8	14,5	15,6	16,9	14,6 c
174	11,4	12,1	14,0	11,0	12,9	11,8	13,0	12,3 d
160	9,2	9,2	10,6	9,0	10,4	10,8	9,9	9,9 e
147	7,9	8,9	9,3	7,9	9,0	9,7	8,4	8,7 f
132	6,6	7,5	8,3	7,0	6,7	8,2	7,2	7,4 g
118	5,8	6,3	7,7	7,1	6,9	6,7	7,5	6,9 g
97	4,9	5,4	5,8	5,2	5,7	6,0	6,4	5,9 h
83	5,2	5,6	6,1	5,7	6,0	6,4	6,2	5,6 hi
69	5,0	5,3	5,7	5,0	5,5	5,9	5,5	5,4 hij
55	4,7	4,7	5,9	4,5	5,3	5,6	5,4	5,1 ijk
42	4,4	5,0	4,9	4,9	5,1	5,3	5,2	5,0 jk
28	4,6	4,7	4,8	4,3	4,7	5,6	4,6	4,7 k

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

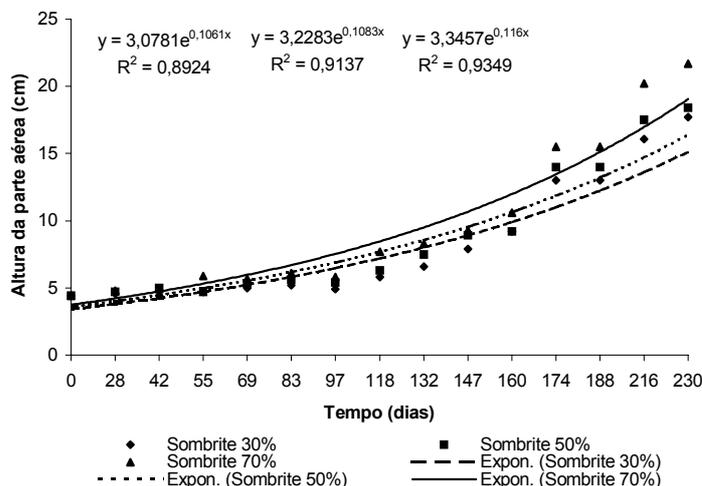
Até 97 dias de permanência no viveiro, as mudas mostraram um crescimento em altura da parte aérea lento, com valores estatisticamente semelhantes entre os períodos avaliados. A partir dos 118 dias de permanência no viveiro, as plantas apresentaram um crescimento em altura significativo estatisticamente a cada período de amostragem.

As Figuras 5, 6 e 7 fornecem as curvas para altura da parte aérea em função dos níveis de sombreamento .

A Figura 5 mostra um crescimento da parte aérea das mudas muito semelhante para os diferentes níveis de sombreamento testados até 83 dias de permanência no viveiro. A

partir deste período, as mudas cultivadas sob Polysombra Difusora 70% apresentaram um significativo crescimento da parte aérea em relação aos demais materiais de cobertura utilizados. Os menores valores para altura de parte aérea, durante todo o período avaliado, foram observados nas mudas sob Polysombra Difusora 30%.

FIGURA 5 - Curvas de altura da parte aérea (cm) de mudas de erva-mate cultivadas sob os



materiais de cobertura Polysombra Difusora 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Observa-se na Figura 6 que a altura da parte aérea foi muito semelhante para as mudas cultivadas sob tecido e bambu até 83 dias de permanência no viveiro, sendo que, depois deste tempo, as mudas sob cobertura de bambu apresentaram valores para altura da parte aérea significativamente superiores às cultivadas sob tecido.

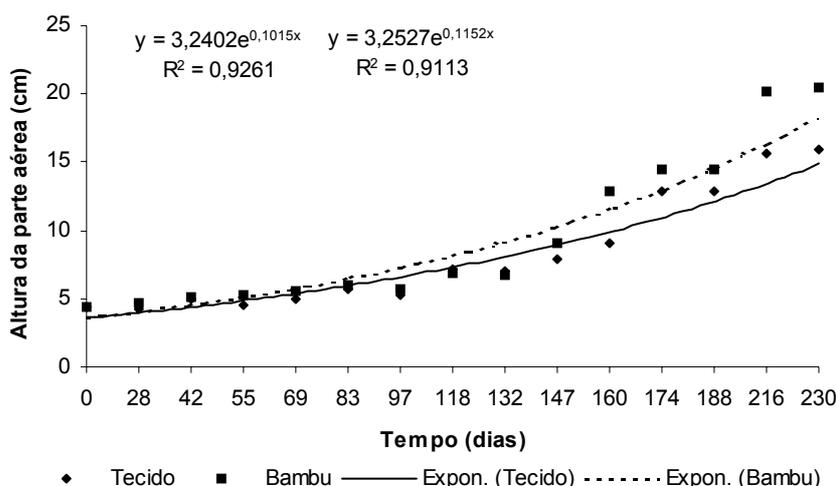


FIGURA 6 - Curvas de altura da parte aérea (cm) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Houve, conforme mostra a Figura 7, um comportamento muito semelhante para o parâmetro altura da parte aérea entre as mudas cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante todo o período avaliado.

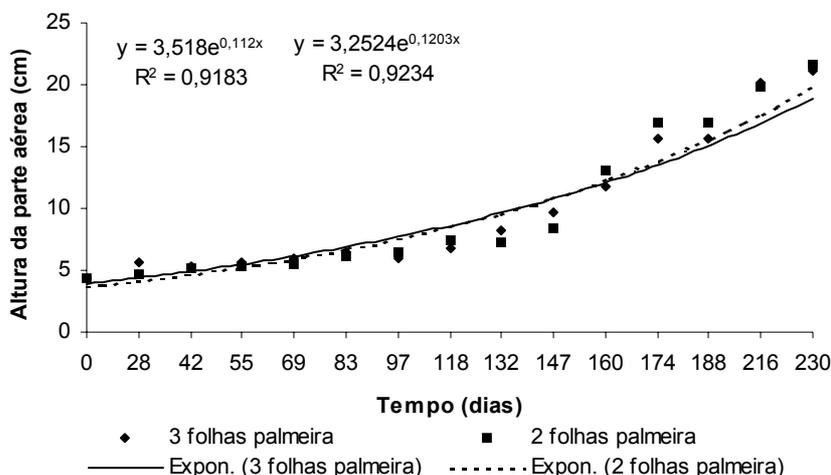


FIGURA 7 - Curvas de altura da parte aérea (cm) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

4.2.2 Quantidade de folhas

A análise de variância para os dados de quantidade de folhas apresentada na Tabela 19 mostra os valores F calculados para os fatores tratamentos A e B superiores aos valores F tabelados ao nível de 5% de probabilidade. Isto permite observar que houve uma diferença estatística significativa para os respectivos tratamentos e verificar que tanto o tempo quanto os materiais de cobertura influenciaram o número de folhas. O valor F calculado para a interação A x B foi inferior ao valor F tabelado, indicando que não houve diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade para tal interação.

TABELA 19 - Valores da ANOVA para número de folhas

Causa da Variação	GL	SQ	QM	F	F05
Datas de medições	13	1430,439	110,034	33,149*	1,83
Tipos de cobertura	6	48,891	8,149	2,455*	2,17
Interação	78	286,728	3,676	1,107	1,43
Tratamentos	97	1766,058	-	-	-
Blocos	2	48,048	-	-	-
Resíduo	194	643,952	8,389	-	-
Total	293	-	-	-	-

Coefficiente de Variação = 15,66%

A Tabela 20 fornece as médias de quantidades de folhas nas mudas de erva-mate.

TABELA 20 – Quantidade média de folhas em mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.

<i>Tratamentos</i>	<i>Médias</i>
2 folhas de palmeira	12,10* a**
3 folhas de palmeira	12,05 a
Polysombra Difusora 70%	12,02 a
Bambu	11,62 ab
Polysombra Difusora 50%	11,43 ab
Tecido	11,29 ab
Polysombra Difusora 30%	10,95 b

- Valores médios de 14 avaliações ** Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

As mudas sob tratamento de 2 folhas e 3 folhas de palmeira e Polysombra Difusora 70% apresentaram maior quantidade de folhas em relação às cultivadas sob os demais materiais de cobertura, embora estes tratamentos não tenham diferido estatisticamente de bambu, Polysombra Difusora 50% e tecido. O tratamento Polysombra Difusora 30% mostrou o menor quantidade folhas e não apresentou diferença estatística significativa dos três últimos tratamentos citados.

Estes resultados assemelham-se aos encontrados por PAIVA et al (2003), os quais verificaram que sob sombreamento, mudas de café apresentaram maior quantidade de pares de folhas em relação à ausência de sombreamento e por CARVALHO FILHO et al (2002) que observaram que plantas de *Cassia grandis* sombreadas apresentaram maior quantidade de folhas em relação às plantas em pleno sol. Entretanto, diferem do resultado obtido por CAMPOS & UCHIDA (2002), os quais observaram que não houve diferença significativa entre os sombreamentos zero, 30, 50 e 70% em relação a variável quantidade de folhas em mudas de *Hymenaea courbaril*.

A Tabela 21 fornece as médias de quantidade de folhas obtidas nos diferentes períodos.

As mudas começaram a apresentar um acréscimo significativo estatisticamente na quantidade de folhas a partir dos 118 dias de permanência no viveiro. Entre este período e 147 dias de permanência das plantas no viveiro, não houve diferença estatística entre os valores encontrados. A partir dos 160 dias, houve um acréscimo significativo na quantidade de folhas. Os maiores valores para o parâmetro analisado foram observados a partir dos 216 dias de permanência das mudas no viveiro.

TABELA 21 - Quantidade média de folhas de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento e períodos de permanência no viveiro.

Dias	PD 30%	PD 50%	PD 70%	Tecido	Bambu	3 folhas	2 folhas	Média
230	14	14	17	15	14	12	14	14,7 a*
216	14	13	15	16	12	17	15	14,6 a
188	12	14	14	16	14	14	18	14,2 ab
174	15	14	13	14	13	14	15	14,0 ab
160	13	15	12	12	13	14	14	13,4 b
147	11	11	14	11	13	14	13	12,2 c
132	11	12	13	12	12	11	12	12,0 c
118	12	12	12	13	11	12	12	12,0 c
97	8	9	10	9	11	12	9	9,9 d
83	9	11	11	9	9	10	10	9,8 d
69	9	9	9	8	9	10	9	9,3 de
55	9	9	10	7	10	10	10	9,2 de
42	8	9	10	9	9	9	9	9,1 de
28	8	8	8	8	9	9	9	8,4 e

- Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

As Figuras 8, 9 e 10 fornecem a curva de quantidade de folhas em função dos níveis de sombreamento .

Verifica-se, através da Figura 8, que as mudas submetidas ao tratamento Polysombra Difusora 70% apresentaram maior quantidade de folhas em relação às cultivadas sob os demais níveis de sombreamento. As mudas cobertas com Polysombra Difusora 50% mostraram valores superiores para quantidade de folhas em relação ao Polysombra Difusora 30%.

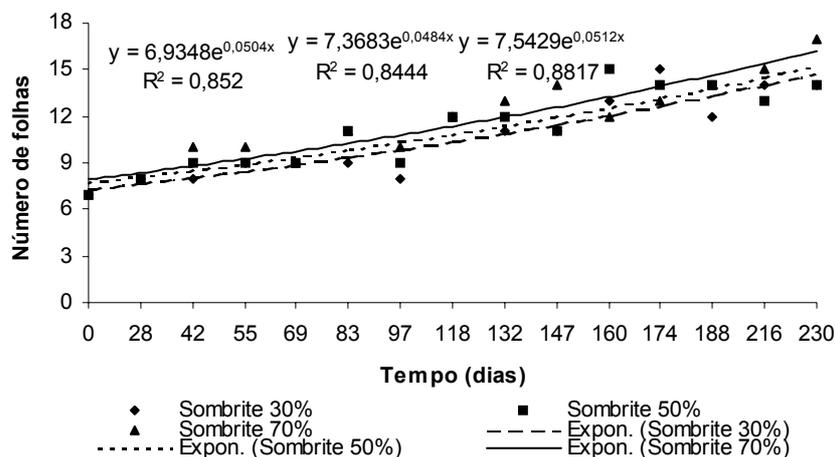


FIGURA 8 - Curvas de quantidade de folhas de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura Polysombra Difusora 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

A Figura 9 mostra que, a partir de 132 dias de permanência no viveiro, as mudas sob tecido apresentaram quantidade de folhas superior às mudas que desenvolveram-se sob a

cobertura de bambu, a qual, até então, favorecia um maior número de folhas. No entanto, não houve diferença estatística entre estes tratamentos.

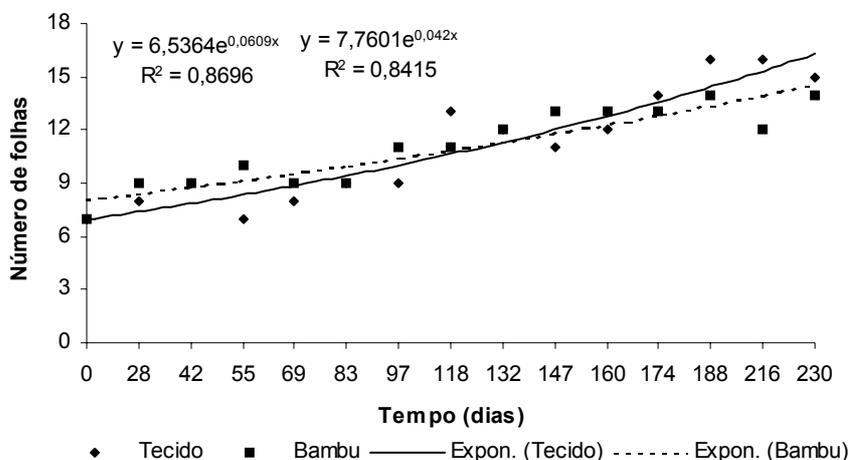


FIGURA 9 - Curvas de quantidade de folhas de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Na Figura 10 observa-se que, sob 3 folhas de palmeira, as mudas apresentaram maior quantidade de folhas até certo ponto, havendo, após tal período, prolongada semelhança entre os níveis de sombreamento para o respectivo parâmetro e, depois, o mesmo sendo superado pelo material de cobertura 2 folhas de palmeira, sem, no entanto, este tratamento ter diferido estatisticamente do outro avaliado.

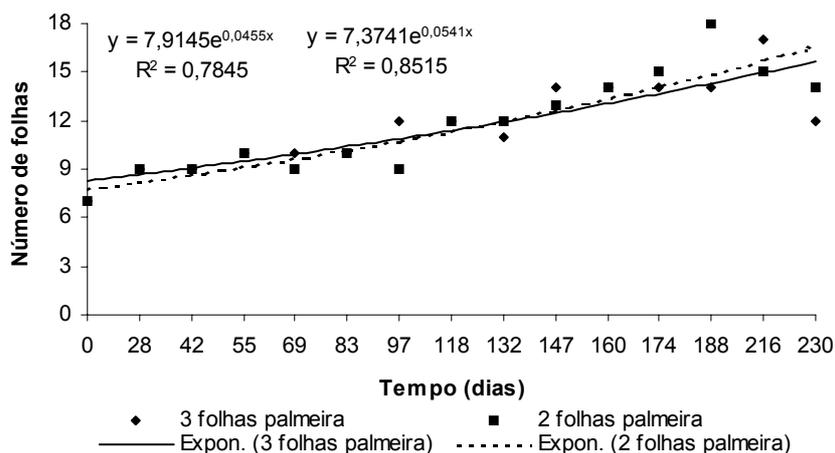


FIGURA 10 - Curvas de quantidade de folhas de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

4.2.3 Área foliar

Observa-se uma diferença estatística significativa para os tratamentos A e B referentes aos dados de área foliar, uma vez que os valores F calculados na análise de variância mostrada na Tabela 22 foram superiores aos valores F tabelados ao nível de 5% de probabilidade. Assim, tanto o tempo quanto os materiais de cobertura influenciaram o desenvolvimento da área foliar. Para a interação A x B não houve diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade pois o valor F calculado foi inferior ao valor F tabelado.

TABELA 22 - Valores da ANOVA para área foliar

Causa da Variação	GL	SQ	QM	F	F05
Datas de medições	13	2028,087	156,007	566,284*	1,83
Tipos de cobertura	6	48,256	8,043	29,194*	2,17
Interação	78	29,703	0,381	1,382	1,43
Tratamentos	97	2106,046	-	-	-
Blocos	2	7,176	-	-	-
Resíduo	194	53,445	0,275	-	-
Total	293	-	-	-	-

Coeficiente de Variação = 10,04%

As médias de área foliar das mudas de erva-mate são mostradas na Tabela 23.

TABELA 23 - Médias de área foliar (cm²) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.

Tratamentos	Médias
Polysombra Difusora 70%	41,71* a**
2 folhas de palmeira	37,94 b
Bambu	37,05 b
3 folhas de palmeira	36,18 b
Polysombra Difusora 50%	29,60 c
Tecido	27,24 cd
Polysombra Difusora 30%	26,17 d

* Valores médios de 14 avaliações. ** Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

As plantas cultivadas sob Polysombra Difusora 70% apresentaram maior desenvolvimento de área foliar em relação às cultivadas sob os demais materiais de cobertura, uma vez que o valor obtido para tal parâmetro foi significativamente superior e diferiu estatisticamente dos outros tratamentos.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos 2 folhas de palmeira, bambu e 3 folhas de palmeira e estes apresentaram valores superiores estatisticamente para área foliar em relação aos tratamentos com menor sombreamento. As mudas conduzidas sob

Polysombra Difusora 30% mostraram o menor valor para tal parâmetro, embora este não tenha diferido estatisticamente do valor encontrado sob tecido. Esses resultados evidenciam que o desenvolvimento da área foliar das mudas de erva-mate foi influenciado pelos níveis de sombreamento, revelando uma maior tendência de crescimento foliar à medida que o sombreamento aumentava.

Isto vem a confirmar KENDRICK & FRANKLAND (1981) que afirmam que plantas mantidas em sombreamento tendem a ser mais altas e ter uma área foliar maior em relação as que crescem em plena luz do sol. Este aumento da área foliar, conforme PEDROSO & VARELA (1995) e CAMPOS & UCHIDA (2002), é uma das formas da planta aumentar rapidamente a superfície fotossintetizante e assegurar um aproveitamento das baixas intensidades luminosas.

Estes resultados vão de encontro aos obtidos por outros autores, entre eles BERKENBROCK & PAULILO (1999), os quais observaram que quanto maior o sombreamento, maior eram os valores obtidos para área foliar de mudas de *Hedyosmum brasiliense*; FARIAS et al (1997), que verificaram nas mudas de *Cedrelinga catenaeformis* cultivadas nos sombreamentos 50 e 70% uma maior área foliar em relação a pleno sol e sombrite 30%; SCALON et al (2000) que observaram maior área foliar em mudas de pitangueira sob sombreamento do que a pleno sol e CAMPOS & UCHIDA (2002) que observaram que a área foliar de mudas de *Jacaranda copaia* cresceu com o sombreamento. No entanto, há autores que averiguaram que plantas conduzidas com maior nível de luminosidade apresentaram área foliar superior aos menores níveis de luz, entre eles SCALON et al (2003) em mudas de *Bombacopsis glabra* e PAIVA et al (2003) em mudas de cafeeiro.

As médias de área foliar obtidas nos diferentes períodos de permanência das mudas no viveiro encontram-se na Tabela 24.

O desenvolvimento da área foliar das plantas foi lento até 97 dias de permanência das mesmas no viveiro. A partir deste período, a cada amostragem realizada, constatou-se um aumento com diferenças estatísticas significativas entre os valores obtidos para o respectivo parâmetro mensurado.

TABELA 24 - Médias de área foliar (cm²) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento e períodos de permanência no viveiro.

Dias	PD 30%	PD 50%	PD 70%	Tecido	Bambu	3 folhas	2 folhas	Média
230	84,94	90,99	126,62	86,08	124,24	99,08	111,23	103,31 a*
216	71,32	76,19	124,08	71,32	105,27	102,79	111,21	94,60 b
188	54,70	60,07	82,59	58,46	77,88	76,31	85,82	70,83 c
174	47,12	51,00	69,56	42,23	64,66	61,74	63,82	57,16 d
160	29,56	37,18	44,66	30,41	36,76	44,99	37,77	37,33 e
147	21,30	26,32	42,28	23,37	32,59	33,39	31,02	30,04 f
132	13,34	18,33	25,44	17,67	16,40	22,00	20,97	19,16 g
118	10,48	15,80	19,81	15,18	14,40	16,96	19,80	16,06 h
97	5,33	7,58	9,52	6,40	8,89	10,73	9,50	10,16 i
83	7,78	8,69	11,48	8,94	10,56	12,21	11,49	8,28 ij
69	4,77	5,62	7,25	5,05	7,48	8,68	8,16	7,47 jk
55	6,13	6,68	8,71	5,77	7,77	9,66	7,58	6,72 jkl
42	5,04	5,48	6,57	5,27	5,86	7,09	7,21	6,07 kl
28	4,53	4,44	5,40	5,23	5,44	5,85	5,58	5,21 l

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

As Figuras 11, 12 e 13 fornecem as curvas para área foliar em função dos níveis de sombreamento .

Verifica-se na Figura 11 uma diferença significativa entre os níveis de sombreamento, isto é, as plantas sob Polysombra Difusora 70% apresentaram áreas foliares estatisticamente superiores que as cultivadas sob Polysombra Difusora 50 e 30% durante todo o período avaliado, sendo que, para esta última cobertura utilizada, os valores para tal parâmetro foram os menores observados.

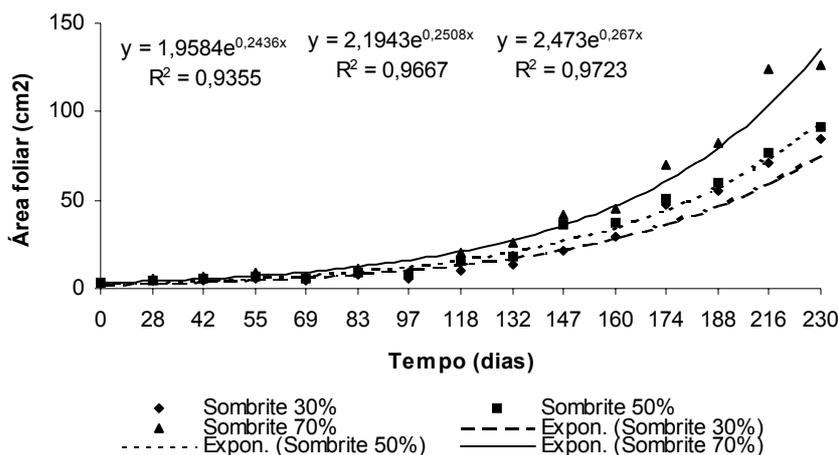


FIGURA 11 - Curvas de área foliar (cm²) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura Polysombra Difusora 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Na Figura 12, observa-se que as mudas cultivadas sob cobertura de bambu apresentaram, após 97 dias de permanência das mesmas no viveiro, um desenvolvimento de área foliar estatisticamente superior em relação às cultivadas sob cobertura de tecido.

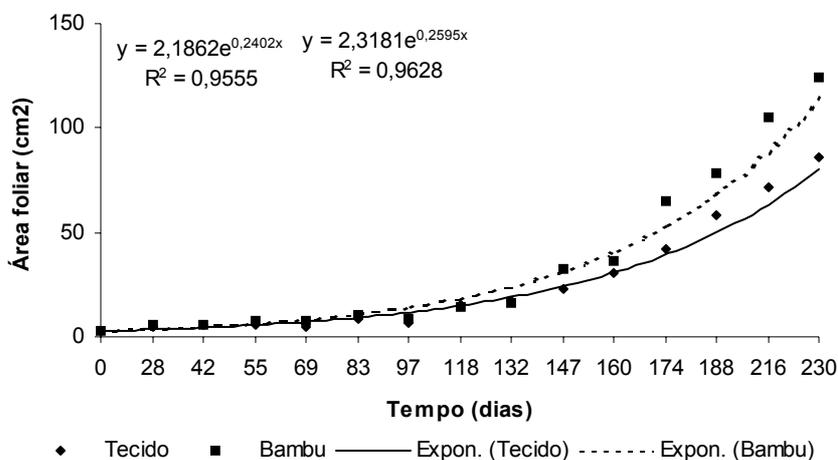


FIGURA 12 - Curvas de área foliar (cm²) em mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Observa-se que, durante todo o período avaliado, as mudas cultivadas, tanto sob 3 folhas como sob 2 folhas de palmeira, apresentaram semelhantes, conforme a figura 13.

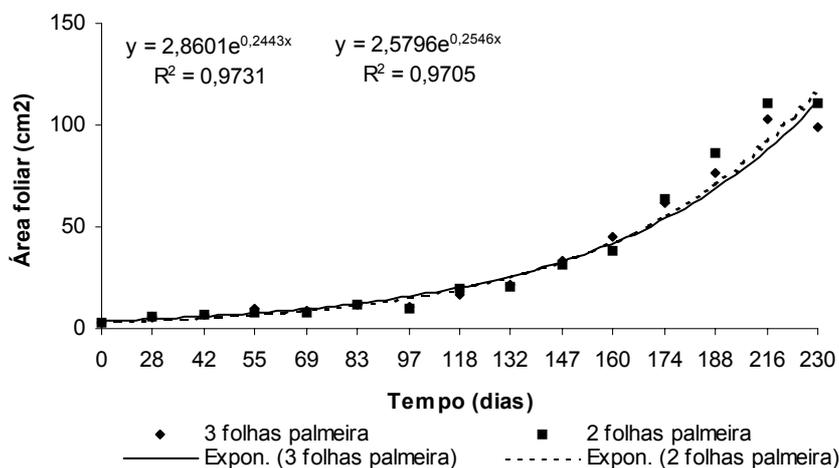


FIGURA 13 - Curvas de área foliar (cm²) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

4.2.4 Produção de matéria úmida da parte aérea

Os valores F calculados para os tratamentos A e B foram superiores aos valores F tabelados, ao nível de 5% de probabilidade, para os dados de produção de matéria úmida da parte aérea, conforme mostra a análise de variância apresentada na Tabela 25. Isto indica uma diferença estatística significativa para os respectivos tratamentos, o que permite verificar que tanto o tempo quanto os materiais de cobertura influenciaram a produção de matéria úmida da parte aérea. O valor F calculado para a interação A x B foi inferior ao valor F tabelado, indicando que, ao nível de 5% de probabilidade, não houve diferença estatística significativa para tal interação.

TABELA 25 - Valores da ANOVA para produção de matéria úmida da parte aérea

Causa da Variação	GL	SQ	QM	F	F05
Datas de medições	13	31,921	2,455	482,701*	1,83
Tipos de cobertura	6	0,226	0,038	7,396*	2,17
Interação	78	0,300	0,004	0,756	1,43
Tratamentos	97	32,447	-	-	-
Blocos	2	0,076	-	-	-
Resíduo	194	0,987	0,005	-	-
Total	293	-	-	-	-

Coefficiente de Variação = 5,21%

A Tabela 26 fornece as médias de produção de matéria úmida da parte aérea.

TABELA 26 - Médias de produção de matéria úmida da parte aérea (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.

Tratamentos	Médias
2 folhas de palmeira	1,109* a**
Polysombra Difusora 70%	1,098 a
3 folhas de palmeira	1,013 ab
Bambu	0,964 b
Polysombra Difusora 50%	0,931 bc
Tecido	0,911 bc
Polysombra Difusora 30%	0,864 c

* Valores médios de 14 avaliações. ** Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Verificou-se um aumento da matéria úmida da parte aérea das mudas de erva-mate à medida que se aumentava o nível de sombreamento.

A matéria úmida da parte aérea foi superior estatisticamente nos tratamentos que empregaram níveis maiores de sombreamento, ou seja, nas mudas cultivadas sob 2 folhas de palmeira, Polysombra Difusora 70% e 3 folhas de palmeira. No entanto, este último tratamento não diferiu estatisticamente dos que utilizaram como material de cobertura bambu, Polysombra Difusora 50% e tecido. As mudas conduzidas sob sombrite 30% apresentaram o menor valor para o respectivo parâmetro, porém sem diferença estatística dos tratamentos tecido e Polysombra Difusora 50%.

As médias de produção de matéria úmida da parte aérea obtidas nos diferentes períodos de permanência das mudas no viveiro avaliados encontram-se na Tabela 27.

TABELA 27 - Médias de produção de matéria úmida da parte aérea (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento e períodos de permanência no viveiro.

Dias	PD 30%	PD 50%	PD 70%	Tecido	Bambu	3 folhas	2 folhas	Média
230	2,941	3,191	3,771	3,271	3,310	2,997	3,477	3,280 a*
216	2,504	2,523	2,981	2,329	2,593	2,903	3,163	2,714 b
188	1,739	1,803	2,106	1,931	2,033	2,012	2,467	2,013 c
174	1,684	1,664	1,849	1,473	1,612	1,636	1,846	1,681 d
160	0,922	1,022	1,083	0,970	0,929	1,142	1,068	1,034 e
147	0,770	0,881	1,316	0,894	1,141	1,120	1,117	1,019 e
132	0,427	0,519	0,631	0,556	0,385	0,592	0,629	0,534 f
118	0,315	0,412	0,474	0,448	0,351	0,451	0,558	0,430 g
97	0,176	0,215	0,246	0,203	0,234	0,281	0,237	0,262 h
83	0,205	0,232	0,294	0,255	0,262	0,295	0,290	0,227 hi
69	0,142	0,169	0,177	0,165	0,199	0,216	0,202	0,181 hi
55	0,129	0,150	0,181	0,130	0,182	0,214	0,183	0,167 hi
42	0,130	0,145	0,172	0,139	0,138	0,165	0,164	0,150 i
28	0,130	1,110	0,140	0,120	0,130	0,160	0,130	0,131 i

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

A produção de matéria úmida da parte aérea teve um aumento significativo a partir de 118 dias de permanência das plantas no viveiro, quando verificou-se, neste período avaliado, diferença estatística em relação aos demais. A partir deste tempo, com exceção do período compreendido entre 147 e 160 dias, que não diferiram estatisticamente entre si, a produção de matéria úmida da parte aérea aumentou significativamente, apresentando diferenças estatísticas a cada amostragem realizada.

As Figuras 14, 15 e 16 fornecem as curvas para produção de matéria úmida da parte aérea em função dos níveis de sombreamento.

Verifica-se na Figura 14 que, até 97 dias de permanência das mudas no viveiro, os valores para produção de matéria úmida da parte aérea foram muito semelhantes em todos os materiais de cobertura testados. Após este período, verifica-se que as mudas cultivadas sob Polysombra Difusora 70% apresentaram, estatisticamente, valores superiores para o respectivo parâmetro em relação aos demais tratamentos, até ao final do período avaliado.

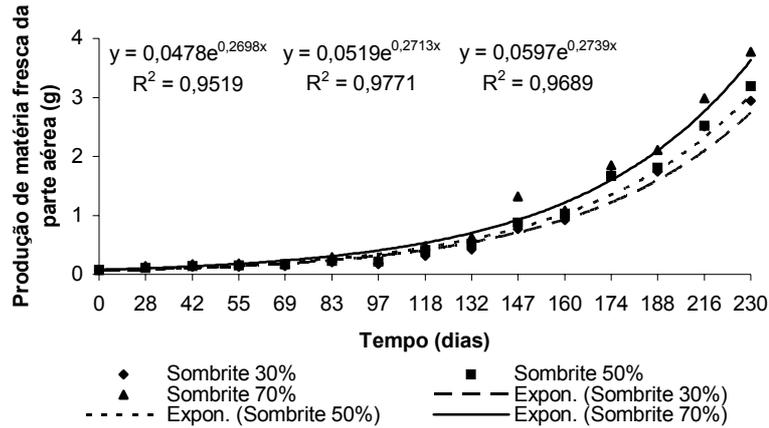


FIGURA 14 - Curvas de produção de matéria úmida da parte aérea (g) de mudas de ervamate cultivadas sob os materiais de cobertura Polysombra Difusora 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Em todo o período de desenvolvimento das mudas avaliado, verifica-se, através da Figura 15, que os níveis de sombreamento tecido e bambu apresentaram valores para produção de matéria úmida da parte aérea semelhantes estatisticamente entre si.

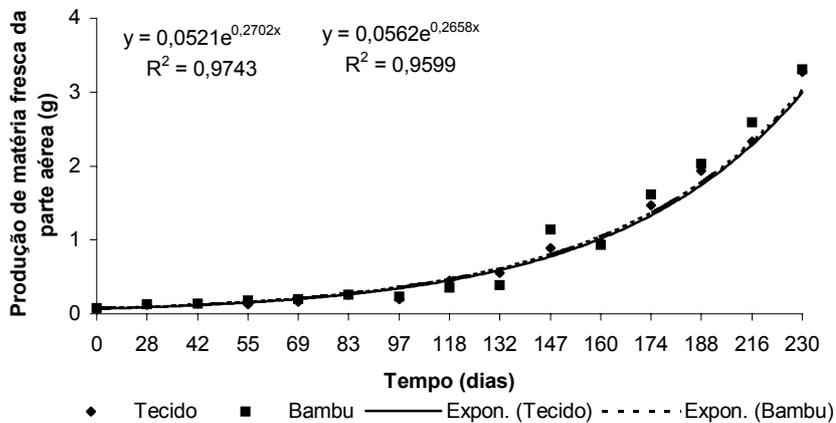


FIGURA 15 - Curvas de produção de matéria úmida da parte aérea (g) de mudas de ervamate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Observa-se na Figura 16 que as mudas cultivadas sob os dois níveis de sombreamento testados apresentaram, até 160 dias de permanência no viveiro, valores estatisticamente iguais para produção de matéria úmida da parte aérea. Após este período, as mudas sob cobertura de 2 folhas de palmeira mostraram, até ao fim do tempo avaliado, valores ligeiramente superiores, embora sem diferença estatística do tratamento 3 folhas de palmeira, para o respectivo parâmetro.

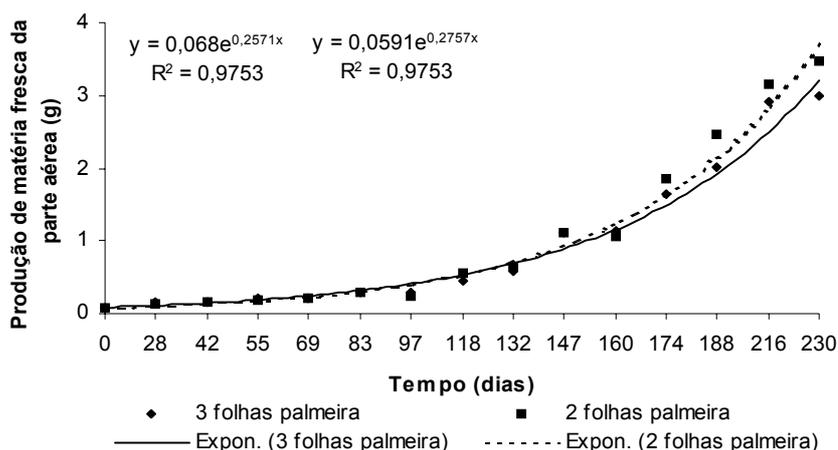


FIGURA 16 - Curvas de produção de matéria úmida da parte aérea (g) em mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

4.2.5 Produção de matéria seca da parte aérea

A análise de variância exposta na Tabela 28 para os dados de produção de matéria seca da parte aérea apresenta os valores F calculados para os fatores tratamentos A e B superiores aos valores F tabelados. Deste modo, houve diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os dados para os tratamentos testados, indicando que, tanto o tempo quanto os materiais de cobertura influenciaram a produção de matéria seca da parte aérea. A interação A x B não foi significativa, uma vez que o valor F calculado foi inferior ao tabelado.

TABELA 28 - Dados da ANOVA para produção de matéria seca da parte aérea

Causa da Variação	GL	SQ	QM	F	F05
Datas de medições	13	4,913	0,387	473,762*	1,83
Tipo de cobertura	6	0,022	0,004	4,562*	2,17
Interação	78	0,036	0,000	0,575	1,43
Tratamentos	97	4,970	-	-	-
Blocos	2	0,018	-	-	-
Resíduo	194	0,155	0,001	-	-
Total	293	-	-	-	-

Coeficiente de Variação = 2,50%

A Tabela 29 apresenta as médias de produção de matéria seca da parte aérea .

TABELA 29 - Médias de produção de matéria seca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.

<i>Tratamentos</i>	<i>Médias</i>
2 folhas de palmeira	0,324* a**
Polysombra Difusora 70%	0,320 a
Tecido	0,299 ab
3 folhas de palmeira	0,295 ab
Polysombra Difusora 50%	0,279 b
Bambu	0,267 b
Polysombra Difusora 30%	0,266 b

* Valores médios de 14 avaliações. ** Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

A produção de matéria seca da parte aérea nas mudas que foram cultivadas sob 2 folhas de palmeira e Polysombra Difusora 70% foi superior às demais, embora não tenha diferido estatisticamente daquelas cultivadas sob tecido e 3 folhas de palmeira. Os tratamentos Polysombra Difusora 50%, bambu e Polysombra Difusora 30% apresentaram os menores valores para o parâmetro analisado, mas sem diferirem estatisticamente dos materiais de cobertura tecido e 3 folhas de palmeira.

As plantas sob tecido exibiram valores estatisticamente inferiores de produção de matéria fresca da parte aérea e área foliar em relação às plantas sob maiores níveis de sombreamento, no entanto, para produção de matéria seca da parte aérea, os valores não mostraram diferença estatística destes tratamentos, podendo ser devido ao fato de que as folhas, sob alta disponibilidade luminosa, apresentam espessura foliar maior, como recurso de proteção aos pigmentos fotossintetizantes, o que pode ter contribuído para aumentar o peso seco da parte aérea (SCALON et. al, 2000).

Os resultados obtidos indicam que o nível de sombreamento não exerceu grande influência na produção de matéria seca da parte aérea, uma vez que intercalou-se, entre os resultados, maiores e menores níveis de sombra.

Há autores que não constataram diferença significativa na produção de matéria seca da parte aérea em plantas submetidas a diferentes níveis de sombreamento, dentre eles CAMPOS & UCHIDA (2002) em mudas de *Jacaranda copaia* e PEDROSO & VARELA (1995) em mudas de *Ceiba pentandra*. No entanto, outros verificaram um aumento na produção de matéria seca da parte aérea à medida que o nível de sombreamento era diminuído. São os casos de SCALON et al (2003) em mudas de *Bombacopsis glabra*, SCALON et al (2000) em mudas de pitangueira e CAMPOS & UCHIDA (2002) em mudas de *Ochroma lagopus* e *Hymenaea courbaril*. Outros estudos obtiveram resultados diferentes ,

como o de BERKENBROCK & PAULILO (1999) que observaram que quanto maior o sombreamento, maior eram os valores obtidos para a massa seca da parte aérea de mudas de *Hedyosmum brasiliense* e o de VARELA & SANTOS (1992), citados por CAMPOS & UCHIDA (2002), os quais verificaram uma tendência no aumento da massa de matéria seca com o aumento do sombreamento nas mudas de *Dinizia excelsa*.

Encontram-se na Tabela 30 as médias de produção de matéria seca da parte aérea obtidas nos diferentes períodos de permanência das mudas no viveiro avaliados.

TABELA 30 - Médias de produção de matéria seca da parte aérea (g) de mudas de ervamate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento e períodos de permanência no viveiro.

Dias	PD 30%	PD 50%	PD 70%	Tecido	Bambu	3 folhas	2 folhas	Média
230	0,985	1,027	1,107	1,146	0,975	0,921	1,051	1,030 a*
216	0,829	0,800	0,943	0,850	0,763	0,892	1,009	0,869 b
188	0,494	0,522	0,588	0,577	0,521	0,536	0,658	0,557 c
174	0,428	0,406	0,473	0,418	0,408	0,452	0,494	0,440 d
160	0,288	0,335	0,354	0,333	0,285	0,368	0,351	0,331 e
147	0,200	0,216	0,327	0,227	0,224	0,253	0,257	0,243 f
132	0,131	0,164	0,197	0,176	0,121	0,182	0,194	0,166 g
118	0,086	0,133	0,148	0,135	0,110	0,138	0,166	0,131 g
97	0,056	0,064	0,073	0,066	0,074	0,082	0,077	0,075 h
83	0,059	0,070	0,077	0,071	0,077	0,087	0,087	0,070 h
69	0,040	0,044	0,051	0,043	0,054	0,061	0,057	0,050 h
55	0,037	0,039	0,047	0,039	0,054	0,059	0,053	0,047 h
42	0,039	0,047	0,050	0,044	0,044	0,053	0,052	0,047 h
28	0,040	0,030	0,040	0,040	0,040	0,050	0,040	0,040 h

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores obtidos de produção de matéria seca da parte aérea não apresentaram diferença estatística até 97 dias de permanência das mudas no viveiro. Após este período, nas duas amostragens posteriores (118 e 132 dias), houve um acréscimo significativo em relação às anteriores. A partir de 147 dias de permanência das mudas no viveiro, a produção de matéria seca da parte aérea aumentou, apresentando diferenças estatísticas significativas a cada período amostrado.

As Figuras 17, 18 e 19 fornecem as curvas para produção de matéria seca da parte aérea em função dos níveis de sombreamento

A partir dos 97 dias de permanência no viveiro, as mudas sob Polysombra Difusora 70% apresentaram, conforme mostra a Figura 17, produção de matéria seca da parte aérea estatisticamente superior em relação às mudas sob Polysombra Difusora 30 e 50%. Até respectivo período, os valores apresentados para este parâmetro foram muito semelhantes entre os materiais de cobertura utilizados.

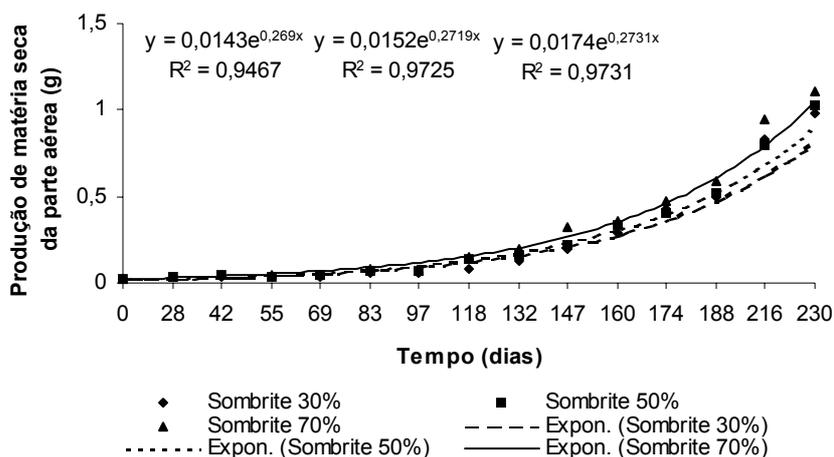


FIGURA 17 - Curvas de produção de matéria seca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura Polysombra Difusora 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Na Figura 18 verifica-se que o material de cobertura tecido favoreceu às mudas um pequeno incremento na produção de matéria seca da parte aérea em relação ao outro nível de sombreamento testado.

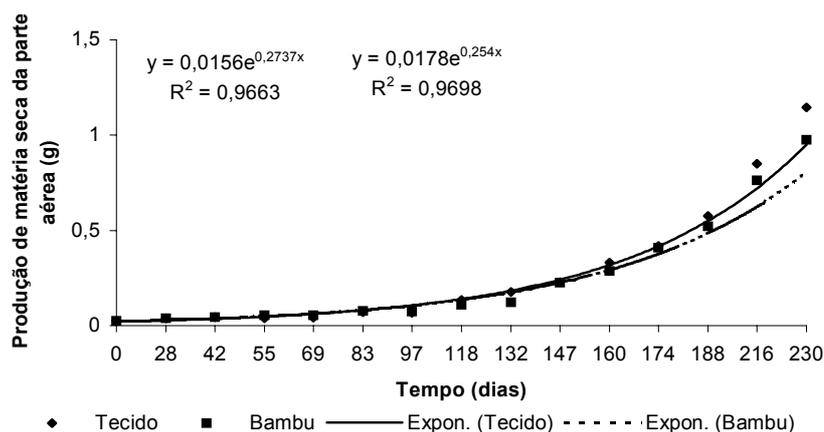


FIGURA 18 - Curvas de produção de matéria seca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Observa - se na Figura 19, que a partir dos 147 dias de permanência das mudas no viveiro, as que foram cultivadas sob 2 folhas de palmeira apresentaram valores ligeiramente maiores para produção de matéria seca da parte aérea em relação ao outro nível de sombreamento testado.

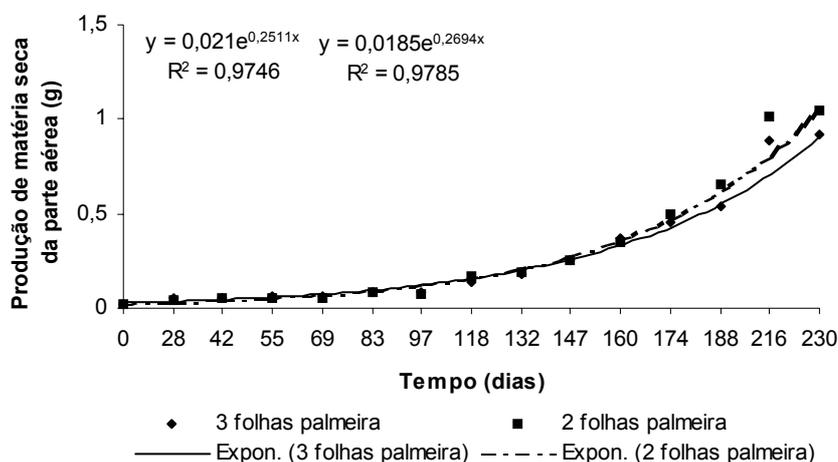


FIGURA 19 - Curvas de produção de matéria seca da parte aérea (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

4.2.6 Comprimento de raiz

A análise de variância para os dados de comprimento de raiz apresentada na Tabela 31 mostra os valores F calculados para os fatores tratamentos A e B superiores aos valores F tabelados ao nível de 5% de probabilidade. Isto permite observar que houve uma diferença estatística significativa para os respectivos tratamentos e verificar que tanto o tempo quanto os materiais de cobertura influenciaram o crescimento da raiz. O valor F calculado para a interação A x B foi inferior ao valor F tabelado, indicando que não houve diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade para tal interação.

TABELA 31 - Valores da ANOVA para comprimento de raiz.

Causa da Variação	GL	SQ	QM	F	F05
Tratamento A	13	5258.526	404.502	186.594 *	1.83
Tratamento B	6	34.96	5.826	2.687 *	2.17
Interação	78	203.161	2.605	1.201	1.43
Tratamentos	97	5496.643	-	-	-
Blocos	2	24.670	-	-	-
Resíduo	194	420.557	2.168	-	-
Total	293	-	-	-	-

Coefficiente de Variação = 14,28%

A Tabela 32 apresenta as médias de comprimento de raiz obtidas nos diferentes níveis de sombreamento utilizados.

TABELA 32 - Médias de comprimento de raiz (cm) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.

<i>Tratamentos</i>	<i>Médias</i>
3 folhas de palmeira	10,9* a**
Polysombra Difusora 70%	10,6 ab
2 folhas de palmeira	10,4 abc
Polysombra Difusora 50%	10,3 abc
Tecido	10,3 abc
Bambu	10,0 bc
Polysombra Difusora 30%	9,8 c

* Valores médios de 14 avaliações. ** Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao comprimento de raiz, observou-se que os valores obtidos para as mudas produzidas sob 3 folhas de palmeira foram superiores, embora não diferindo estatisticamente, aos obtidos sob os materiais de cobertura Polysombra Difusora 70%, 2 folhas de palmeira, Polysombra Difusora 50% e tecido. O tratamento Polysombra Difusora 30% diferiu estatisticamente de sombrite 70% e 3 folhas de palmeira, não apresentando diferença significativa dos demais níveis de sombreamento. Os valores obtidos com as mudas produzidas sob 2 folhas de palmeira, Polysombra Difusora 50% e tecido não diferiram estatisticamente entre si e foram superiores aos obtidos sob bambu e Polysombra Difusora 30%. Estes resultados diferem dos encontrados por CAMPOS & UCHIDA (2002) que observaram que o comprimento de raízes de mudas de *Jacaranda copaia* não foi afetado pelo níveis de sombreamento 30, 50 e 70% e em pleno sol.

Na Tabela 33 observa-se as médias de comprimento de raiz nos diferentes períodos avaliados.

TABELA 33 - Médias de comprimento de raiz (cm) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento e períodos de permanência no viveiro.

Dias	PD 30%	PD 50%	PD 70%	Tecido	Bambu	3 folhas	2 folhas	Média
230	18,3	17,1	17,1	20,4	18,0	17,8	16,8	17,9 a*
216	17,3	17,0	17,6	15,3	15,9	16,5	16,6	16,6 b
188	12,4	15,1	15,9	15,4	14,2	14,4	14,2	14,7 c
174	13,8	13,6	14,0	15,1	15,3	15,5	15,4	14,5 c
160	11,7	14,5	12,3	11,4	11,8	14,6	13,2	12,8 d
147	10,5	12,7	11,8	14,6	12,5	14,0	12,6	12,7 d
132	8,5	8,2	10,3	8,0	8,2	11,2	10,0	9,2 e
118	8,4	8,4	8,2	8,8	7,5	8,6	9,0	8,4 e
97	7,2	6,5	8,9	6,4	5,0	6,4	6,9	6,9 f
83	7,2	8,3	6,8	5,5	6,1	7,8	6,9	6,8 f
69	5,3	6,2	7,6	5,9	6,5	7,3	6,2	6,4 fg
55	5,3	6,2	6,1	6,6	7,2	7,2	6,1	6,4 fg
42	5,0	5,6	6,0	5,3	5,1	5,1	5,9	5,6 g

28	5,4	5,3	5,6	5,0	6,3	6,3	5,4	5,5 g
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se que não houve diferença significativa para as avaliações realizadas aos 28, 42, 55 e 69 dias de permanência das mudas no viveiro e estas duas últimas também não diferiram estatisticamente das outras posteriores, evidenciando assim, um crescimento muito lento para raiz durante estes períodos avaliados. Este lento crescimento pode ser devido ao fato que neste período encontram-se as menores temperaturas do solo, parâmetro que exerce importante influência no desenvolvimento das raízes. A partir de 118 dias, nota-se um maior crescimento da raiz, com diferenças estatísticas significativas ocorrendo a cada dois períodos avaliados, até aos 188 dias de permanência no viveiro. As avaliações realizadas aos 216 e 230 dias diferiram estatisticamente entre si e entre todas as demais.

As Figuras 20, 21 e 22 fornecem as curvas de crescimento de raiz em função dos níveis de sombreamento. Verifica-se na Figura 20 que as mudas que foram cultivadas sob Polysombra Difusora 50 e 70% apresentaram, durante todo o período de desenvolvimento, comprimento de raízes estatisticamente semelhante entre si. Os valores obtidos para o respectivo parâmetro no tratamento Polysombra Difusora 30% foram significativamente inferiores aos demais durante todo o período de desenvolvimento das plantas.

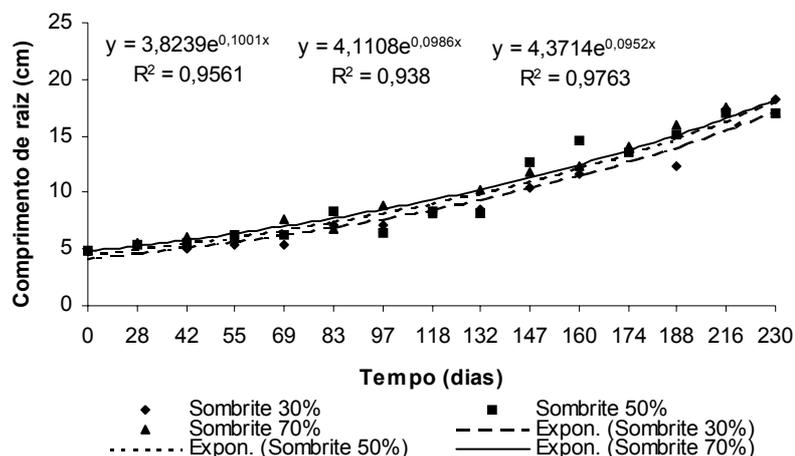


FIGURA 20 - Curvas de comprimento de raiz (cm) de mudas de erva-mate cultivadas sob materiais de cobertura Polysombra Difusora 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Observa-se na Figura 21 que as mudas apresentaram valores de crescimento de raiz semelhantes até 132 dias de permanência no viveiro para ambos os tratamentos e, após este período, as plantas conduzidas sob tecido mostraram valores estatisticamente superiores em relação às cultivadas sob bambu.

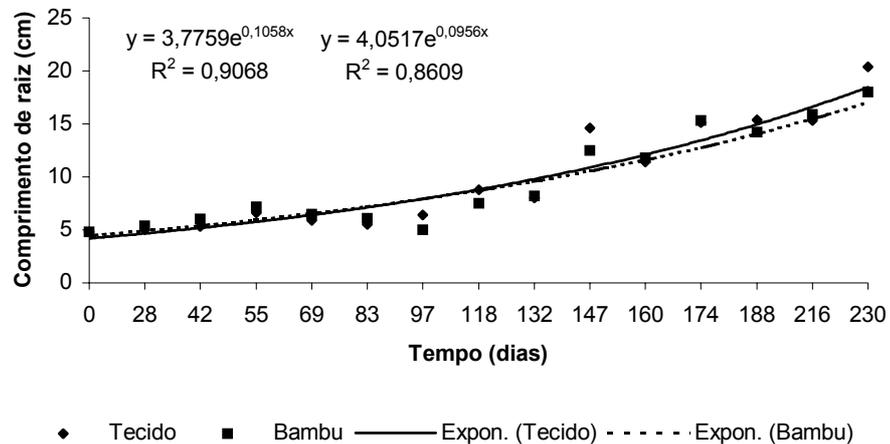


FIGURA 21 - Curvas de comprimento de raiz (cm) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

A Figura 22 permite verificar que as mudas cultivadas sob 3 folhas de palmeira mostraram valores para comprimento de raiz superiores em relação às cultivadas sob 2 folhas de palmeira ao longo de todo o período de desenvolvimento das mudas.

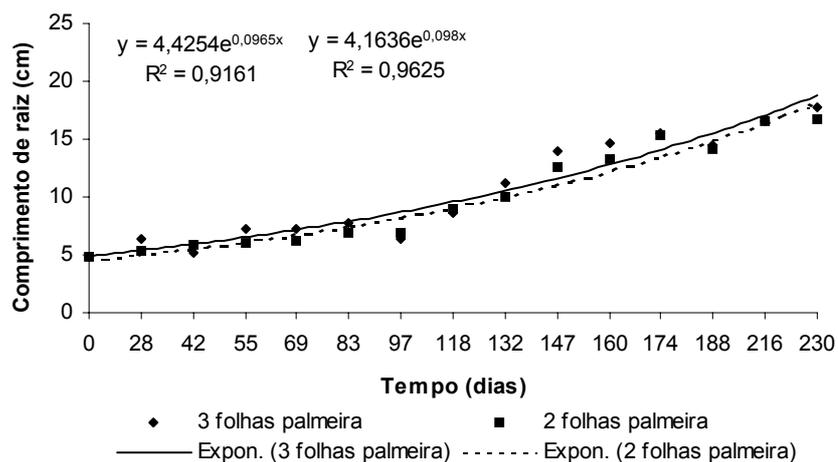


FIGURA 22 - Curvas de crescimento de raiz (cm) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

4.2.7 Área radicular

Observa-se que houve uma diferença estatística significativa para os tratamentos A e B referentes aos dados de área radicular, uma vez que os valores F calculados na análise de variância mostrada na Tabela 34 foram superiores aos valores F tabelados ao nível de 5% de probabilidade. Assim, tanto o tempo quanto os materiais de cobertura influenciaram o desenvolvimento da área radicular. Para a interação A x B não houve diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade pois o valor F calculado foi inferior ao valor F tabelado.

TABELA 34 - Valores da ANOVA para área radicular

Causa da Variação	GL	SQ	QM	F	F05
Tratamento A	13	337,440	25,957	127,780*	1,83
Tratamento B	6	5,291	0,882	4,341*	2,17
Interação	78	28,345	0,363	1,789	1,43
Tratamentos	97	371,076	-	-	-
Blocos	2	0,273	-	-	-
Resíduo	194	39,409	0,203	-	-
Total	293	-	-	-	-

Coefficiente de Variação = 14,95%

As médias de área radicular das mudas de erva-mate são mostradas na Tabela 35.

TABELA 35 - Médias de área radicular (cm²) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.

Tratamentos	Médias
2 folhas de palmeira	10,77* a**
Tecido	10,70 ab
3 folhas de palmeira	9,06 ab
Polysombra Difusora 70%	8,91 abc
Polysombra Difusora 50%	8,87 bc
Polysombra Difusora 30%	8,38 c
Bambu	7,83 c

* Valores médios de 14 avaliações **Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

O tratamento com 2 folhas de palmeira apresentou valor superior para o parâmetro área radicular em relação aos demais tratamentos. No entanto, não houve diferença estatística entre o uso deste material e dos materiais de cobertura tecido, com 3 folhas de palmeira e Polysombra Difusora 70%, e estes três também não diferiram estatisticamente de Polysombra Difusora 50%. Os tratamentos Polysombra Difusora 30% e bambu apresentaram valores inferiores aos demais tratamentos, porém, estatisticamente iguais aos encontrados sob Polysombra Difusora 50% e Polysombra Difusora 70%. Segundo CLAUSSEN (1996) citado por ALMEIDA et al (2004), indivíduos de uma mesma espécie

com sistemas radiculares mais desenvolvidos em determinada condição, credenciam as plantas a terem maior capacidade de aclimação do que aquelas com sistemas radiculares reduzidos.

Na Tabela 36 encontram-se as médias de área radicular nos diferentes períodos de permanência das mudas no viveiro.

TABELA 36 - Médias de área radicular (cm²) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento e períodos de permanência no viveiro.

Dias	PD 30%	PD 50%	PD 70%	Tecido	Bambu	3 folhas	2 folhas	Média
230	22,80	20,29	15,56	30,85	15,50	16,60	14,96	19,88 a*
216	23,59	20,97	15,70	20,16	13,71	17,56	27,44	19,51 a
188	16,27	17,96	20,68	20,50	15,40	14,63	23,64	18,44 a
174	13,87	14,68	16,87	25,65	15,75	15,93	24,16	18,13 a
160	7,65	14,52	10,78	8,66	8,28	12,33	13,72	14,00 b
147	8,97	9,94	15,50	16,19	13,77	14,88	18,72	10,85 c
132	3,92	4,89	6,61	5,30	3,53	7,21	5,52	5,28 d
118	2,99	4,00	4,06	4,43	3,50	5,02	4,37	4,05 e
97	3,05	3,01	3,73	2,85	3,14	3,21	2,72	3,91 ef
83	3,65	4,48	3,64	3,42	4,32	4,00	3,86	3,84 ef
69	2,61	2,92	2,83	2,81	2,69	3,06	2,92	3,19 ef
55	2,79	3,10	2,51	2,91	3,63	3,98	3,37	3,19 ef
42	2,58	3,74	3,59	2,87	3,60	3,01	2,93	2,83 ef
28	2,62	2,38	2,74	2,43	2,77	2,82	2,51	2,61 ef

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

O desenvolvimento da área radicular foi muito lento, sem valores diferindo estatisticamente entre si, até 118 dias de permanência das mudas no viveiro. Após este tempo, a cada período de permanência avaliado, constatou-se um aumento estatístico significativo nos valores para o respectivo parâmetro, aumento este observado até 188 dias, quando então verificou-se que os valores para área radicular permaneceram estatisticamente iguais nas três amostragens posteriores.

As Figuras 23, 24 e 25 fornecem as curvas para área radicular em função dos níveis de sombreamento. Verifica-se na Figura 23 que as mudas que foram conduzidas sob sombrite 50 e 70% apresentaram, valores para a área radicular muito próximos entre si e ligeiramente superiores às cultivadas sob sombrite 30%.

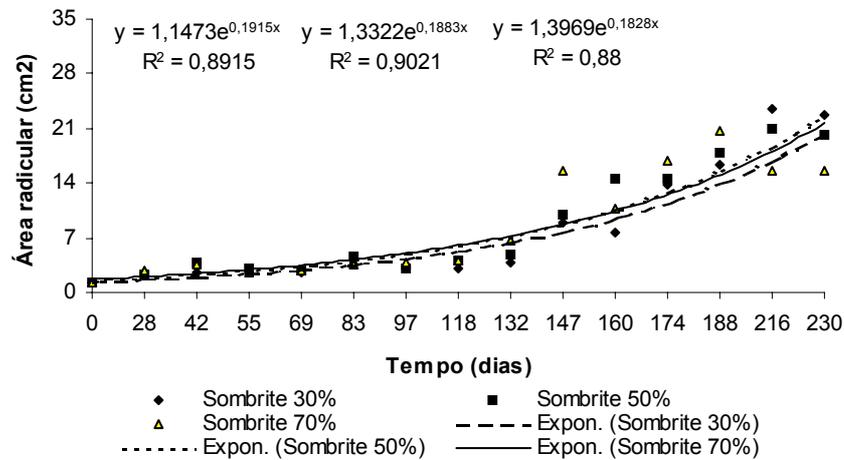


FIGURA 23 - Curvas de área radicular (cm²) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura Polysombra Difusora 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

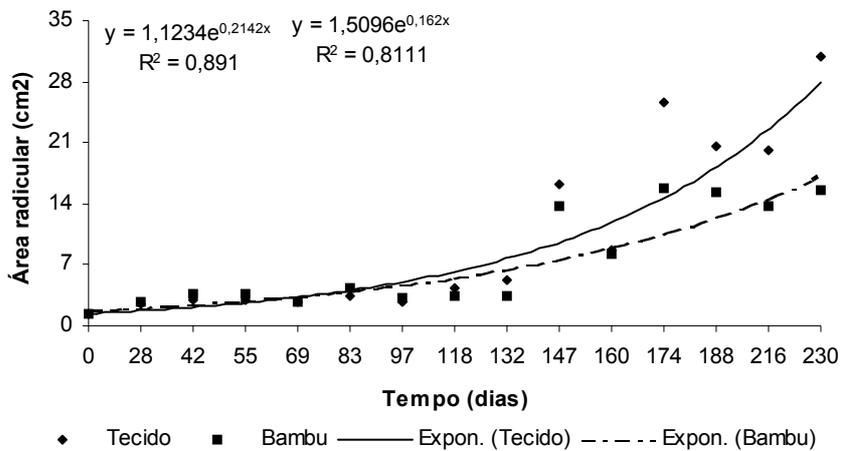


FIGURA 24 - Curvas de área radicular (cm²) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Na Figura 24 observa-se que as mudas cultivadas sob cobertura de tecido apresentaram, após 83 dias de permanência no viveiro, um desenvolvimento de área radicular significativamente superior em relação às cultivadas sob cobertura de bambu.

Na Figura 25, observa-se que até 118 dias de permanência das mudas no viveiro, os valores para área radicular foram muito semelhantes entre os níveis de sombreamento testados. A partir deste período, as mudas sob cobertura de 2 folhas de palmeira apresentaram valores maiores para o respectivo parâmetro em relação às cultivadas sob 3 folhas de palmeira.

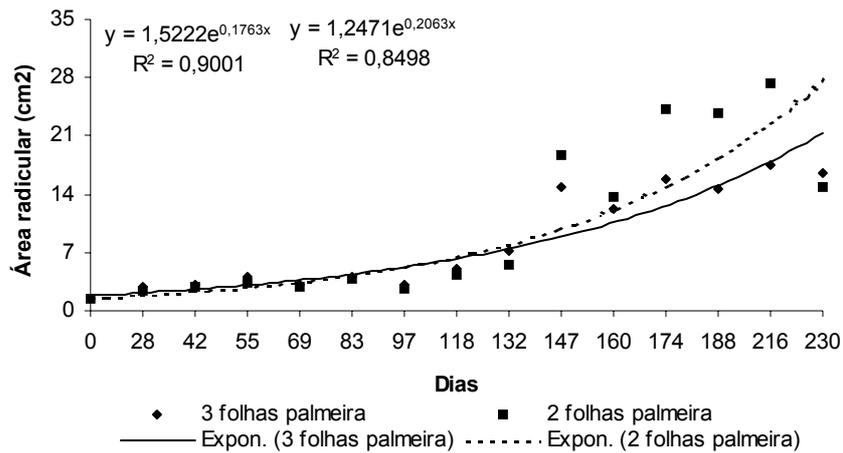


FIGURA 25 - Curvas de área radicular (cm²) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

4.2.8 Produção de matéria fresca do sistema radicular

Os valores F calculados para os tratamentos A e B foram superiores aos valores F tabelados, ao nível de 5% de probabilidade, para os dados de produção de matéria fresca do sistema radicular, conforme mostra a análise de variância apresentada na Tabela 37. Isto indica uma diferença estatística significativa para os respectivos tratamentos, o que permite verificar que tanto o tempo quanto os materiais de cobertura tiveram influência na produção de matéria fresca da parte aérea. O valor F calculado para a interação A x B foi inferior ao valor F tabelado, indicando que, ao nível de 5% de probabilidade, não houve diferença estatística significativa para tal interação.

TABELA 37 - Valores da ANOVA para produção de matéria fresca do sistema radicular

Causa da Variação	GL	SQ	QM	F	F05
Tratamento A	13	7,002	0,539	123,625*	1,83
Tratamento B	6	0,116	0,019	4,452*	2,17
Interação	78	0,639	0,008	1,081	1,43
Tratamentos	97	7,758	-	-	-
Blocos	2	0,011	-	-	-
Resíduo	194	0,845	0,004	-	-
Total	293	-	-	-	-

Coeficiente de Variação = 5,47%

A Tabela 38 mostra as médias de produção de matéria fresca do sistema radicular das mudas de erva-mate.

TABELA 38 - Médias de produção de matéria fresca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.

Tratamentos	Médias
2 folhas de palmeira	0,529* a**
Tecido	0,460 a
3 folhas de palmeira	0,451 b
Polysombra Difusora 70%	0,447 b
Polysombra Difusora 30%	0,444 b
Polysombra Difusora 50%	0,401 b
Bambu	0,385 b

* Valores médios de 14 avaliações. ** Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Os níveis de sombreamento não tiveram influência na produção de matéria fresca do sistema radicular, uma vez que nos resultados obtidos, alternou-se maiores e menores níveis, com semelhança estatística. Os tratamentos que utilizaram como materiais de cobertura 2 folhas de palmeira e tecido exibiram valores superiores estatisticamente em relação aos demais tratamentos, sendo que estes tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si para produção de matéria fresca do sistema radicular.

As médias de produção de matéria fresca do sistema radicular em diferentes períodos de permanência das mudas no viveiro são mostradas na Tabela 39.

As plantas apresentaram um aumento na matéria fresca do sistema radicular muito lento até 118 dias de permanência no viveiro, uma vez que os valores encontrados para o respectivo parâmetro não apresentaram diferenças estatísticas entre si. A partir deste período, houve um acréscimo gradativo na produção de matéria fresca da raiz, porém, sem diferenças estatísticas nos períodos entre 147 e 160 dias e 174 e 216 dias de permanência das mudas no viveiro. Com 230 dias, as plantas mostraram a maior produção de matéria fresca do sistema radicular.

TABELA 39 - Médias de produção de matéria fresca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento e períodos de permanência no viveiro.

Dias	PD 30%	PD 50%	PD 70%	Tecido	Bambu	3 folhas	2 folhas	Média
230	1,235	1,236	1,042	1,750	0,924	1,030	1,051	1,181 a*
216	1,261	0,905	0,818	0,993	0,710	0,914	1,403	1,004 b
188	0,980	0,898	0,995	1,181	0,861	0,895	1,217	1,001 b
174	0,826	0,811	0,916	1,334	0,842	0,866	1,246	0,977 b
160	0,371	0,536	0,440	0,404	0,331	0,527	0,530	0,612 c
147	0,462	0,482	0,768	0,744	0,608	0,510	0,715	0,448 c
132	0,244	0,286	0,366	0,254	0,172	0,407	0,305	0,291 d
118	0,186	0,242	0,226	0,222	0,177	0,236	0,226	0,216 e
97	0,137	0,127	0,150	0,122	0,140	0,132	0,115	0,154 ef
83	0,161	0,194	0,157	0,152	0,138	0,137	0,138	0,145 ef
69	0,127	0,138	0,126	0,134	0,108	0,121	0,124	0,132 ef
55	0,142	0,161	0,137	0,126	0,158	0,157	0,134	0,126 ef
42	0,105	0,153	0,155	0,126	0,118	0,117	0,108	0,125 ef
28	0,120	0,080	0,120	0,090	0,100	0,150	0,080	0,106 f

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

As Figuras 26, 27 e 28 fornecem as curvas para produção de matéria fresca do sistema radicular em função dos níveis de sombreamento .

As plantas cultivadas sob os três materiais de cobertura utilizados para sombreamento, conforme verifica-se na Figura 26, apresentaram valores estatisticamente iguais entre si para produção de matéria fresca do sistema radicular durante todo o período de desenvolvimento das mudas avaliado.

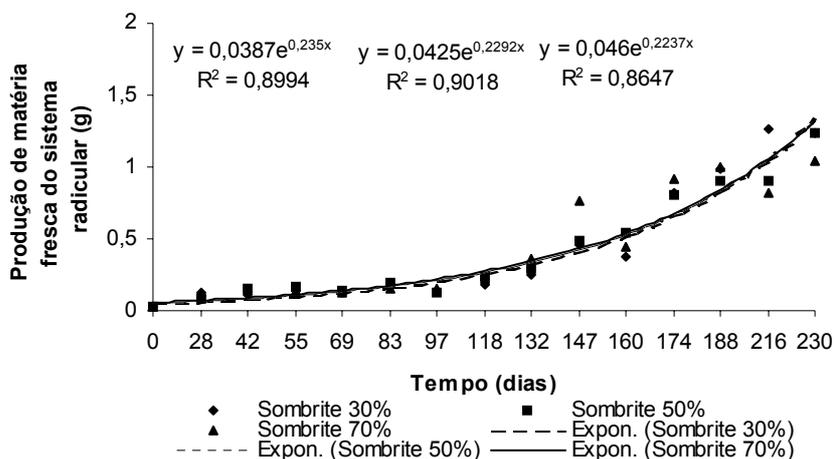
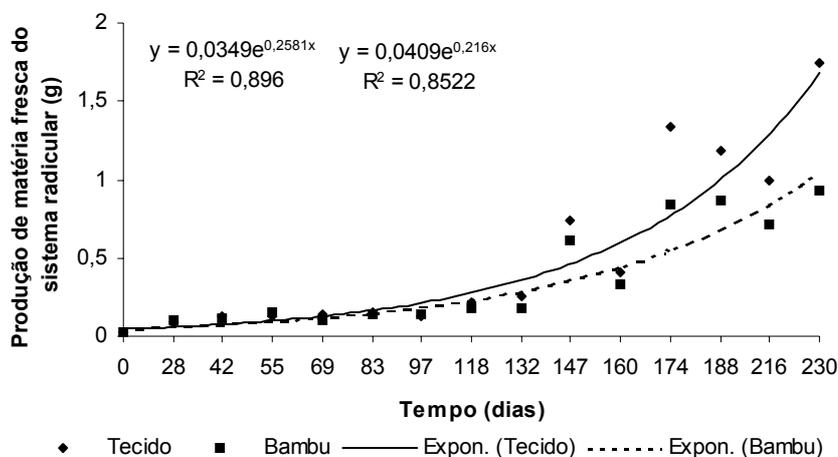


FIGURA 26 - Curvas de produção de matéria fresca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura Polysombra Difusora 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Na Figura 27, observa-se que até 97 dias de permanência das mudas no viveiro, o ganho de matéria fresca do sistema radicular foi muito semelhante para os dois níveis de sombreamento testados. A partir deste período, as mudas sob cobertura de tecido

apresentaram valores estatisticamente superiores para o respectivo parâmetro em relação



às cultivadas sob bambu.

FIGURA 27 - Curvas de produção de matéria fresca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Verifica-se, através da Figura 28, que as mudas submetidas à cobertura de 2 folhas de palmeira apresentaram um acréscimo significativo estatisticamente no ganho de matéria fresca do sistema radicular em relação às cultivadas sob 3 folhas de palmeira.

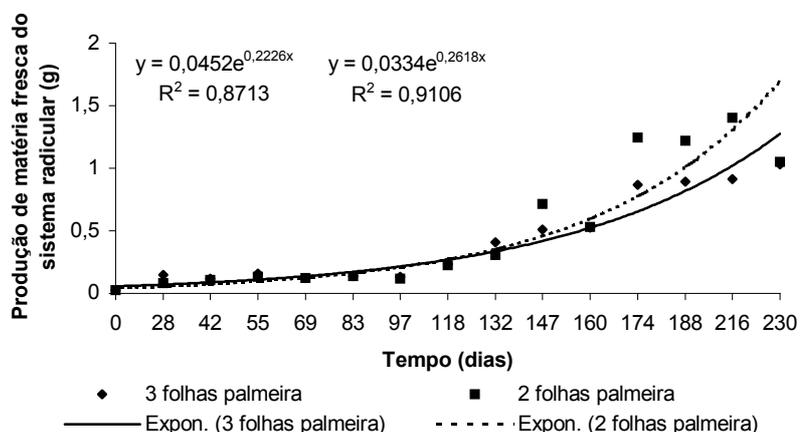


FIGURA 28 - Curvas de produção de matéria fresca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

4.2.9 Produção de matéria seca do sistema radicular

A análise de variância apresentada na Tabela 40 para os dados de produção de matéria seca do sistema radicular apresenta somente para o fator tratamento A o valor F calculado superior ao valor F tabelado. Deste modo, houve diferença estatística significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os dados para o tratamentos A, indicando que o tempo influenciou na produção de matéria seca da parte aérea, mas não os materiais de cobertura. O tratamento B e a interação A x B não foram significativas, uma vez que o valores F calculados foram inferiores aos tabelados

TABELA 40 - Valores da ANOVA para produção de matéria seca do sistema radicular

Causa da Variação	GL	SQ	QM	F	F05
Datas de medições	13	0,587	0,045	18,281*	1,83
Tipos de cobertura	6	0,008	0,001	0,538	2,17
Interação	78	0,188	0,002	0,974	1,43
Tratamentos	97	0,783	-	-	-
Blocos	2	0,013	-	-	-
Resíduo	194	0,479	0,002	-	-
Total	293	-	-	-	-

Coefficiente de Variação = 4,75%

Na Tabela 41 encontram-se as médias de produção de matéria seca do sistema radicular de mudas de erva-mate.

TABELA 41 - Médias de produção de matéria seca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento.

Tratamentos	Médias
Tecido	0,109* a**
2 folhas de palmeira	0,098 a
Polysombra Difusora 70%	0,092 a
3 folhas de palmeira	0,090 a
Polysombra Difusora 30%	0,089 a
Polysombra Difusora 50%	0,086 a
Bambu	0,079 a

* Valores médios de 14 avaliações. ** Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Os níveis de sombreamento testados não influenciaram a produção de matéria seca do sistema radicular, uma vez que não houve diferença estatística para o respectivo parâmetro entre todos os materiais de cobertura utilizados. No entanto, as plantas cultivadas sob o tratamento tecido apresentaram uma porcentagem 27,5% maior para produção de matéria seca do sistema radicular em relação ao tratamento bambu.

Há resultados similares aos encontrados acima, como os observados por CAMPOS & UCHIDA (2002), que não constataram diferença significativa na produção de matéria seca de raiz de mudas de *Jacaranda copaia* submetidas a diferentes níveis de sombreamento e por PEDROSO & VARELA (1995), os quais não encontraram diferenças significativas entre

as massas de matéria seca do sistema radicular em mudas de *Ceiba pentandra* produzidas sob zero, 30, 50 e 70% de sombreamento. Por outro lado, há autores que verificaram a influência do sombreamento na produção de matéria seca das raízes, como CAMPOS & UCHIDA (2002) que observaram uma tendência ao acúmulo de matéria seca nas mudas de *Ochroma lagopus* e *Hymenaea courbaril* cultivadas sob zero e 30% de sombreamento do que sob 50 e 70% de sombreamento, apesar do crescimento em altura ter sido menor nestas condições. Também VARELA & SANTOS (1992) citados por CAMPOS & UCHIDA (2002) verificaram que mudas de *Dinizia excelsa* cultivadas sob 30 e 50% de sombra apresentaram massa de matéria seca do sistema radicular superior àquelas sob 70%.

A Tabela 42 apresenta as médias de produção de matéria seca do sistema radicular nos diferentes períodos de permanência das mudas no viveiro.

TABELA 42 - Médias de produção de matéria seca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate obtidas em função de diferentes níveis de sombreamento e períodos de permanência no viveiro.

Dias	PD 30%	PD 50%	PD 70%	Tecido	Bambu	3 folhas	2 folhas	Média
230	0,258	0,284	0,237	0,369	0,238	0,248	0,252	0,272 a*
216	0,328	0,262	0,239	0,297	0,204	0,253	0,324	0,269 a
188	0,164	0,146	0,171	0,203	0,153	0,154	0,188	0,168 a
174	0,132	0,127	0,152	0,202	0,131	0,142	0,181	0,152 b
160	0,088	0,133	0,121	0,113	0,091	0,135	0,118	0,114 bc
147	0,066	0,071	0,114	0,106	0,081	0,065	0,083	0,084 cd
132	0,042	0,046	0,066	0,053	0,033	0,070	0,060	0,053 d
118	0,030	0,046	0,037	0,043	0,033	0,043	0,041	0,039 d
97	0,022	0,022	0,025	0,027	0,025	0,025	0,021	0,027 d
83	0,025	0,032	0,026	0,027	0,025	0,029	0,027	0,027 d
69	0,019	0,019	0,019	0,019	0,017	0,020	0,019	0,024 d
55	0,020	0,018	0,018	0,018	0,023	0,023	0,020	0,023 d
42	0,019	0,024	0,025	0,021	0,026	0,022	0,023	0,020 d
28	0,020	0,010	0,020	0,020	0,020	0,030	0,020	0,019 d

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Até 147 dias de permanência das mudas no viveiro, não houve um aumento significativo na produção de matéria seca do sistema radicular, uma vez que todos os valores obtidos nas avaliações realizadas não diferiram estatisticamente entre si. Com 160 dias, as plantas apresentaram valores superiores e diferentes estatisticamente em relação aos encontrados anteriormente para o respectivo parâmetro. A produção de matéria seca do sistema radicular mostrou novamente um significativo acréscimo aos 188 dias, permanecendo com valores estatisticamente iguais aos encontrados nas duas amostragens posteriores.

As Figuras 29, 30 e 31 fornecem as curvas para produção de matéria fresca do sistema radicular em função dos níveis de sombreamento .

Na Figura 29, observa-se que as curvas para produção de matéria seca do sistema radicular comportaram-se de modo muito semelhante até 160 dias de permanência das mudas no viveiro. Após este tempo, as plantas sob Polysombra Difusora 70% apresentaram valores maiores para o respectivo parâmetro em relação às cultivadas sob Polysombra Difusora Polysombra Difusora 30 e 50% de sombreamento, embora não se tenha verificado diferença estatística entre todos os tratamentos.

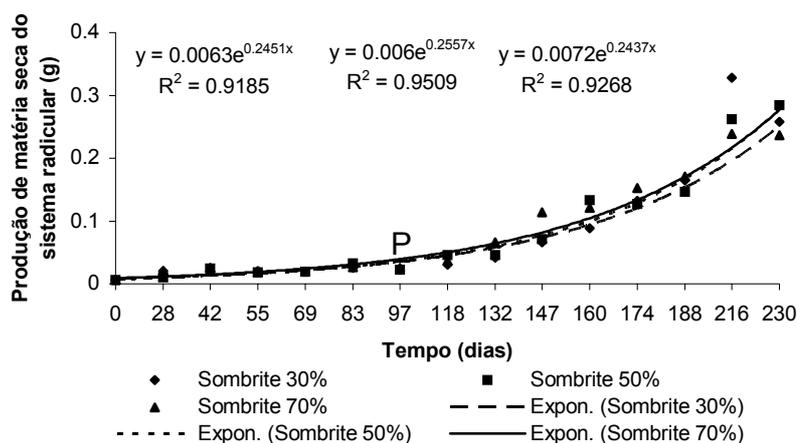


FIGURA 29 - Curvas de produção de matéria seca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura Polysombra Difusora 30, 50 e 70% durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

A Figura 30 mostra que o ganho de matéria seca do sistema radicular foi semelhante para as mudas cultivadas sob tecido e bambu até 83 dias de permanência no viveiro, sendo que, depois deste tempo, as mudas sob cobertura de tecido apresentaram maiores valores de produção de matéria seca do sistema radicular em relação às cultivadas sob bambu, embora não tenha havido diferença estatística entre estes tratamentos.

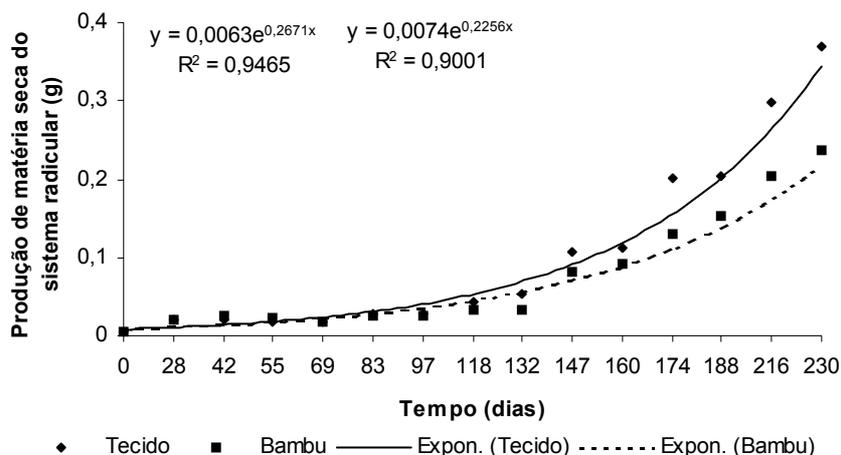


FIGURA 30 - Curvas de produção de matéria seca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais tecido e bambu durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Observa-se na Figura 31 que as mudas cultivadas sob os dois níveis de sombreamento testados apresentaram, até 147 dias de permanência no viveiro, valores muito próximos para produção de matéria seca do sistema radicular, sendo que, após este período, as mudas sob cobertura de 2 folhas de palmeira mostraram, até ao fim do tempo avaliado, maiores valores para o respectivo parâmetro, embora sem diferir estatisticamente da outra cobertura utilizada.

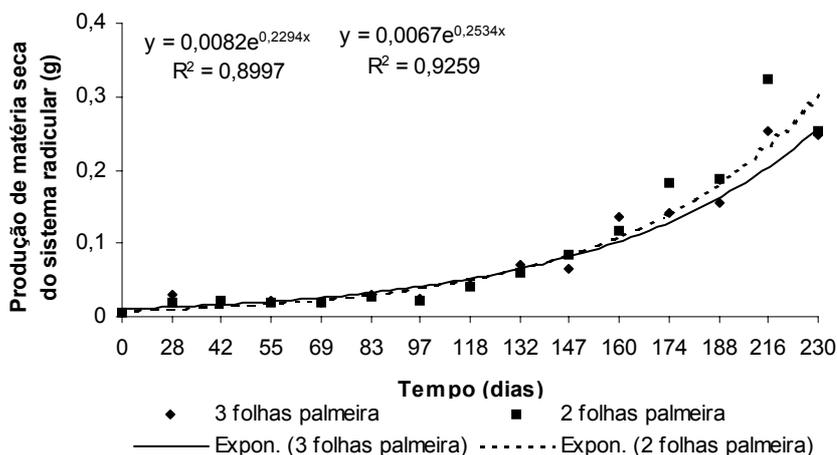


FIGURA 31 - Curvas de produção de matéria seca do sistema radicular (g) de mudas de erva-mate cultivadas sob os materiais de cobertura 3 folhas e 2 folhas de palmeira durante um período de 230 dias de permanência no viveiro.

Com relação aos parâmetros de parte aérea mensurados (altura da parte aérea, número de folhas, produção de matéria úmida e seca da parte aérea e área foliar), as plantas cultivadas sob os maiores níveis de sombreamento (Polysombra Difusora 70%, 3

folhas e 2 folhas de palmeira e bambu) apresentaram resultados superiores e estatisticamente significantes em relação às cultivadas sob os menores níveis de sombreamento (Polysombra Difusora 30 e 50% e tecido). Estes resultados obtidos evidenciam o fato desses materiais de cobertura terem proporcionado melhores condições microclimáticas para o desenvolvimento da parte aérea das plantas. Foram nos tratamentos que empregaram maiores níveis de sombra que verificou-se uma maior umidade relativa do ar (Tabelas 14 e 15). Segundo OMETTO (1981), as plantas têm suas funções fisiológicas estreitamente ligadas à quantidade de vapor d'água no ar e MOTA (1989) relata que a alta umidade atmosférica tem efeitos benéficos na planta, dentre eles a absorção direta da umidade do ar saturado de alta umidade, a melhora no processo de fotossíntese e o decréscimo na evapotranspiração. Esses tratamentos também apresentaram menores flutuações de temperatura do ar (Tabelas 6 e 7), flutuações estas que, conforme MINAMI (1995) afetam o desenvolvimento das mudas no viveiro, uma vez que podem provocar distúrbios que diminuem significativamente a qualidade das mesmas. Também os níveis de luminosidade encontrados sob estes materiais de cobertura concentraram-se em uma faixa menor que os observados nos demais tratamentos (Tabelas 4 e 5) e, dentro da qual, as mudas aclimataram-se favoravelmente devido ao seu caráter ciófilo.

Embora as mudas cultivadas sob o tratamento tecido não tenham apresentado resultados satisfatórios, do ponto de vista comercial, para os parâmetros de parte aérea, as mesmas mostraram valores significativamente maiores para alguns parâmetros radiculares mensurados (produção de matéria fresca e seca do sistema radicular e área radicular) em relação àquelas conduzidas sob alguns materiais que correspondiam à maiores níveis de sombreamento (como os tratamentos com bambu e Polysombra Difusora 70%). O contrário ocorreu nas plantas cultivadas sob bambu, uma vez que as mesmas apresentaram bom desenvolvimento de parte aérea e um desenvolvimento não satisfatório para o sistema radicular. Um dos motivos para estes resultados pode ser o fato da temperatura do solo nos tratamento tecido e bambu ser, respectivamente, maior e menor que nos demais tratamentos, pois, segundo VON HERTWIG (1986) e MOTA (1989), a mesma possui ação direta na atividade funcional das raízes.

Com relação ao desenvolvimento das plantas quanto aos diferentes períodos de avaliação, verificou-se ser o mesmo muito lento até 118 dias de permanência das mudas no viveiro (avaliação 7) e, a partir deste período, significativo a cada amostragem realizada em todos os parâmetros mensurados. Isto ocorreu porque as avaliações feitas até a de número sete concentraram-se entre os meses de maio e julho, período este que corresponde à

época de menor atividade de crescimento das plantas. As demais, foram realizadas a partir de agosto, época em que tanto as temperaturas quanto os comprimentos dos dias estão aumentando, favorecendo o desenvolvimento destas mudas.

5 CONCLUSÕES

- O material de cobertura recomendado para a produção de mudas de erva-mate, dentre todos os estudados, foi o que ofereceu a condição de sombreamento 2 folhas de palmeira, uma vez que o mesmo favoreceu um melhor desenvolvimento para as plantas, visto que nelas foram encontradas maior número de folhas, produção de matéria fresca e seca da parte aérea, produção de matéria fresca do sistema radicular e área radicular.
- Os materiais de cobertura Polysombra Difusora 30%, Polysombra Difusora 50% e tecido não devem ser recomendados para a formação de mudas de erva-mate.
- O tratamento Polysombra Difusora 70% acarretou às mudas maior altura da parte aérea e área foliar.
- As plantas submetidas à cobertura 3 folhas de palmeira mostraram maior comprimento de raiz.
- Não ocorreram diferenças significativas na produção de matéria seca do sistema radicular das mudas de erva-mate em função dos níveis de sombreamento testados.
- Os materiais de cobertura influenciaram significativamente a variação dos parâmetros microclimáticos.
- O material de cobertura tecido apresentou os maiores valores de temperatura do ar, temperatura do solo e luminosidade e os menores de umidade relativa do ar.
- O tratamento bambu mostrou os menores valores de temperatura do ar, temperatura do solo e luminosidade.
- Polysombra Difusora 70% exibiu os maiores valores de umidade relativa do ar.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. P.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; ZANELA, S. M. ; VIEIRA, C. V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 34, n. 1, 2004.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S. A., 1991, 332 p.

BLEASDALE, J. K. A. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1977, p. 37-38.

BERKENBROCK, I. S.; PAULILO, M. T. S. Efeito da luz na germinação e no crescimento inicial de *Maytenus robusta* Reiss. e *Hedyosmum brasiliense* Mart. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.2, p. 243-248, 1999.

CALDEIRA, M. V. W.; CHITOLINA, P. C.; SELLE, G. L.; OLIVEIRA, O. S.; WATZLAWICK, L. F. Efeito de diferentes níveis de sombreamento no palmiteiro em viveiro. **Agropecuária Catarinense**, v. 9, n. 1, p. 36-37, 1996.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, 281-288, 2002.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/ FUPEP; Campos: UENF, 1995. 451p.

CARVALHO FILHO, J. L. S.; BLANK, M. F. A.; BLANK, A. F.; SANTOS NETO, A. L.; AMÂNCIO, V. F. Produção de mudas de *Cassia grandis* L. em diferentes ambientes, recipientes e misturas de substratos. **Revista Ceres**, v. 49, n. 284, p. 341-352, 2002.

COSTA, S. G. **A erva-mate**. Curitiba: Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral; Scientia et Labor, 1989, 86p.

CROCE, D. M.; NADAL, R. Viabilidade técnico-econômica de sistemas de produção de erva-mate consorciadas com culturas anuais. In: **BIOLOGIA E CULTURA NO CONE SUL**, 1995, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. p. 47-53.

CUTTER, E. G. **Anatomia vegetal**: parte II - órgãos. São Paulo: Roca, 1987.

DANTAS, A. C. V. L.; SAMPAIO, J. M. M.; LIMA, V. P. **Produção de mudas frutíferas de citrus e manga**. Brasília: SENAR, 1999, 10p.

FARIAS, V. C. C.; VARELA, V. P.; COSTA, S. S.; BATALHA, L. F. Análise de crescimento de mudas de cedrorama (*Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke) cultivadas em condições de viveiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.193-200, 1997.

KASPARY, R. **Efeito dos diferentes graus de sombreamento sobre desenvolvimento e trocas gasosas de plantas jovens de erva-mate.** Porto Alegre, 1985. 42f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

KENDRICK, R. E.; FRANKLAND, B. **Fitocromo e crescimento vegetal:** temas de biologia. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1981.

KRAMER, P. J.; KOSLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores.** Lisboa: Fundação Calouste Goulbenkian. 1960. 785 p.

MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; ASSIS, F. N.; MENDEZ, M. E. G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário: Cultivo Protegido de Hortaliças em Solo e Hidroponia.** Belo Horizonte, v.20, n. 200/201, p. 15-23, 1999.

MAZUCHOWSKI, J. Z. **Manual da erva-mate.** Curitiba: EMATER-PR, 1989, p. 03-06

MAZUCHOWSKI, J. Z.; BRACHT, M. J.; MACCARI JUNIOR, A. **Patentes industriais e as prioridades para investimentos tecnológicos na cadeia produtiva da erva-mate.** Curitiba: Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-mate do Paraná. MCT/ CNPq/ Projeto PACDT Erva-mate, 2000, 178p.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura.** São Paulo: T. A. Queiroz. 1995. 128 p.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola.** São Paulo: Nobel, 1989, 376 p.

NADOLNY, M. C.; MARTINS, S. S. **Produção de mudas: instalação e manejo de viveiros florestais.** Curitiba: SENAR - Administração Regional do Estado do Paraná, 1998, 37 p.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1981, 440 p.

PAIVA, L. C.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência Agrotécnica.** Lavras, v. 27, n. 1, p. 134-140, 2003.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Agricultura. Departamento de Fiscalização. **Normas de produção de sementes e mudas de frutíferas e florestais.** Curitiba, 1982. 158 p.

PEDROSO, S. G.; VARELA, V. P. Efeito do sombreamento no crescimento de mudas de sumaúma. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 17, n. 1, p. 47-51, 1995.

QUEIROGA, R. C. F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; OLIVEIRA, A. P.; AZEVEDO, C. M. S. B. Produção de alface em função de cultivares e tipos de tela de sombreamento nas condições de Mossoró. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.3, p.324-328, 2001.

SCALON, S. P. Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONI, M. R.; VERALDO, F. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 652-655, 2000.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; SCALON FILHO, H. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condições de sombreamento. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 27, n. 6, 2003.

STURION, J. A.; **Produção de mudas e implantação de povoamentos com erva-mate**. EMBRAPA: Circular Técnica, Curitiba, 1988, 10p.

VON HERTWIG, I. F. **Plantas aromáticas e comerciais**. São Paulo: Icone. 1986. 449 p.

WHATLEY, J. M., WHATLEY, F. R., **A luz e a vida das plantas**; temas de biologia. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1982, 101 p.