

INFLUÊNCIA DA INOCULAÇÃO DE *Fusarium* spp. E NÍVEIS DE SOMBREAMENTO NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA ERVA-MATE¹INFLUENCE OF *Fusarium* spp. INOCULATION AND SHADING LEVELS IN THE ERVA-MATE GROWTH AND DEVELOPMENTIgor Poletto² Marlove Fátima Brião Muniz³ Denise Ester Ceconi⁴
Ricardo Mezzomo⁵ Johnathan Rodrigues⁶**RESUMO**

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) é uma espécie amplamente cultivada no sul do Brasil e países vizinhos. Suas folhas e galhos finos, preparados segundo método apropriado, fornecem o mate ou chimarrão, o mais popular chá consumido no Brasil e exportado para todo o mundo. Com o aumento da área plantada, sobretudo na última década, os problemas fitossanitários causados por pragas e doenças aumentaram e, dentre estes, a podridão-de-raízes vem se tornando um dos principais. A doença é causada por *Fusarium* spp. e provoca sérios danos decorrentes da destruição do sistema radicular, ocasionando, nos casos mais graves, morte da planta. A erva-mate é uma espécie que habita o sub-bosque da mata e o cultivo de forma homogênea a pleno sol pode ser um fator estressante ocasionando menor crescimento e desenvolvimento e também torná-la mais susceptível à podridão-de-raízes. Assim, foram instalados experimentos na área do Viveiro Florestal pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria com o objetivo de confirmar tais hipóteses. O experimento foi desenvolvido em um esquema fatorial (2 x 5), composto pela inoculação de *Fusarium* spp. e por níveis de sombreamento. Foi observado que plantas submetidas aos menores níveis de sombreamento ou a pleno sol tiveram seu desenvolvimento prejudicado e ficaram mais suscetíveis à doença. As plantas inoculadas com *Fusarium* spp. tiveram menor desenvolvimento em comparação com as não inoculadas, especialmente nos menores níveis de sombreamento.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*; mudas; parâmetros de crescimento.

ABSTRACT

The erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) is a species broadly cultivated in southern Brazil and neighboring countries, whose leaves and fine branches, prepared according to the appropriate method, make the mate or “chimarrão”, the most popular tea consumed in Brazil and exported around the world. With an increasing planted area, mainly in the last decade, phytosanitary problems caused by pests and disease have increased in this crop and root-rot is becoming one of the main problems. The disease is caused by *Fusarium* spp. and it causes serious damage to the roots, in the most serious cases, leading to the death of

1. Parte da dissertação do primeiro autor.
2. Engenheiro Florestal, MSc., Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP: 97105-970, Santa Maria (RS). Bolsista do CAPES. igorpoletto@yahoo.com.br
3. Engenheira Agrônoma, Dr^a, Professora Adjunta do Departamento de Defesa Fitossanitária, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP: 97105-970, Santa Maria (RS). marlove@smail.ufsm.br
4. Engenheira Florestal, MSc., Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-970, Santa Maria (RS). Bolsista do CAPES. dceconi@yahoo.com.br
5. Estudante de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-970, Santa Maria (RS). Bolsista CNPq – BIC. mezzomoricardo@hotmail.com
6. Engenheiro Agrônomo, MSc., Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-970, Santa Maria (RS). jr_ufsm@yahoo.com.br

Recebido para publicação em 27/05/2008 e aceito em 28/04/2010.

the plant. The erva-mate is a species that inhabits the forest underwood, and cultivation in a homogeneous way to full sun can be a stressful factor for the species causing less growth and development and, also, more susceptibility to root-rot. Therefore, experiments were conducted in the Forest Nursery area belonging to Forest Sciences Department of the Federal University Santa Maria with the objective of confirming these assumptions. The experiment was conducted in a factorial design (2 x 5), composed by *Fusarium* spp. inoculation and by shading levels. It was verified that plants submitted to lower shading levels or full sun had less development and were more susceptible to the disease. The plants inoculated with *Fusarium* spp. had less development in comparison with non-inoculated plants, mainly at the lower shading levels.

Keywords: *Ilex paraguariensis*; seedlings; growth parameters.

INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) pertence à família Aquifoliaceae, é nativa da Região Sul do Brasil e também da Argentina e Paraguai, compreendendo, entre os três países, aproximadamente 540.000 km² de área natural (ANDRADE, 1999). A área brasileira corresponde a 450.000 km², representando cerca de 5% do território nacional e 3% da América do Sul (ROTTA e OLIVEIRA, 2007). No Brasil, a erva-mate habita, particularmente, em meio às matas de araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) (LORENZI, 1998). É uma árvore de pequeno porte, de fuste curto e copa densa, perenifólia, de até 15 m de altura. A planta floresce durante os meses de outubro e dezembro e frutifica de janeiro a março, propagando-se naturalmente dentro da floresta. Para cultivos comerciais, as sementes são separadas dos frutos por meio de lavagem e, em seguida, permanecem estocadas em areia, num processo chamado de estratificação, para amadurecimento do embrião, e a germinação ocorre depois de 120 dias (BACKES e IRGANG, 2002). Suas folhas preparadas segundo método apropriado, fornecem o mate ou chimarrão, o mais popular chá consumido no Brasil e exportado para todo o mundo (LORENZI, 1998).

O cultivo da erva-mate compõe um dos sistemas agrofloretais mais antigos e característicos da Região Sul do Brasil, assumindo significativa importância ambiental e socioeconômica. Segundo dados do IBGE (2007), no ano de 2005, os estados da Região Sul do Brasil produziram juntos cerca de 421.363 toneladas de folhas provenientes de ervais cultivados. O Rio Grande do Sul produz a maior parte (52%), seguido pelo Paraná com 39% e Santa Catarina com 9%. A área plantada nesses três estados chega a 97.922 hectares. Outra forma de produção, a extrativista, contribui com 238.465 toneladas de erva-mate cancheada entre os três

estados, sendo a maior parte produzida pelo PR (59%), seguido por SC com 26% e RS com 16%. Porém, com o crescente aumento de área plantada e produção, estima-se que os dados atuais sejam superiores aos de 2005.

O crescente aumento da área plantada, especialmente na última década, desencadeou uma série de problemas fitossanitários pelo aumento da disponibilidade de alimento (hospedeiro) às pragas e doenças, não somente em ervais, mas também em viveiros. Além desses, existem problemas relacionados ao manejo e cultivo dos ervais, práticas inadequadas, como adubação nas quantidades e épocas desfavoráveis e plantio de mudas com baixa qualidade e em áreas inadequadas.

Um dos maiores problemas fitossanitários da erva-mate, nos últimos anos, é a podridão-de-raízes. Essa doença é causada por várias espécies do gênero *Fusarium* como, *Fusarium oxysporum* Schlecht., *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., *Fusarium decemcellulare* Brick, *Fusarium tabacinum* (Beyma) W. Gams e *Fusarium tricinctum* (Corda) Sacc., além de *Pythium* sp. e *Rhizoctonia* sp. Porém, as espécies *Fusarium oxysporum* e *Fusarium solani*, são as mais virulentas e possuem uma maior área de abrangência entre as plantações infectadas. A doença causa necrose do sistema radicular e, conseqüentemente, redução no desenvolvimento e na produção, podendo, nos casos mais graves, causar a morte da planta. Nos ervais atacados as perdas na produtividade podem chegar a 30% (POLETTTO et al., 2006; POLETTTO et al., 2007).

Segundo Maccari Jr. et al. (2006), é difícil traçar características gerais para os ervais e para os sistemas de produção, pela grande área ervateira e sua conseqüente diversidade nas práticas de cultivo, tanto dos ervais de ocorrência natural quanto os de plantio. Para Rotta e Oliveira (2007), a erva-mate é produzida por meio de vários sistemas de cultivo como: solteira, em consórcio com culturas anuais, com e sem mecanização no preparo do solo, na mata

ou em capoeiras e em áreas de pastagens. Conto (2000) classifica a estrutura da produção de erva-mate no sul do Brasil em dois grupos, ervais nativos e ervais cultivados, podendo ser explorados de forma extrativista, sem tecnificação ou tecnificado (ANDRADE, 1999).

Como a erva-mate habita naturalmente o sub-bosque da mata, portanto, um ambiente sombrio, o cultivo em povoamentos puros pode proporcionar um estresse ambiental, por causa da insolação. Com isso, a planta pode responder de inúmeras maneiras à adaptação ao ambiente “não natural”, como diminuição da biomassa aérea em relação à radicular, modificações no tamanho e na espessura das folhas, alterações no sabor, entre outras. Estando fora de seu ambiente natural, pode ocorrer também maior suscetibilidade da planta a períodos de seca, podas mais pesadas, distúrbios nutricionais e sobretudo a ataque de patógenos.

Em vista disso, o presente estudo teve por objetivo avaliar o crescimento e o desenvolvimento de mudas de erva-mate submetidas a diferentes níveis de sombreamento e a inoculação de *Fusarium* spp.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e características gerais do local do experimento

O ensaio experimental foi realizado na área do Viveiro Florestal pertencente ao Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizada nas coordenadas 29°42' de latitude sul e 53°42' de longitude oeste e com altitude de 95 m.

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 5 (Fator F: inoculação de *Fusarium* spp.; Fator B: níveis de sombreamento), totalizando dez tratamentos, com quatro repetições de duas mudas cada. Na Tabela 1, pode-se observar a composição dos níveis de cada fator.

Material utilizado

Fusarium oxysporum (isolado 12.4a) e *Fusarium solani* (isolado 4.4) utilizados neste estudo, pertencem ao Laboratório de Fitopatologia do

TABELA 1: Composição dos níveis de cada fator (F – Inoculação ou não de *Fusarium* spp.; B – Níveis de sombreamento) experimental.

TABLE 1: Composition levels of each experimental factor (F – inoculation, or not, of *Fusarium* spp.; B – shading levels).

Fatores		Níveis dos fatores
F	FOS	Inoculação de <i>Fusarium oxysporum</i> e <i>Fusarium solani</i> juntos
	SF	Sem inoculação de <i>Fusarium</i> spp.
B	B0	0% a pleno sol
	B1	26% de sombreamento
	B2	41% de sombreamento
	B3	84% de sombreamento
	B4	95% de sombreamento

Departamento de Defesa Fitossanitária/CCR/UFSM. Esses isolados foram escolhidos pela sua patogenicidade e por estarem presentes em todos os ervais estudados por Poletto et al. (2006).

Para obter os níveis de sombreamento, as mudas permaneceram sob capelas de sombrite com diferentes graus de permeabilidade de luz e expostas à luz solar durante todo o dia. A intensidade de sombreamento sob as capelas foi determinada com um luxímetro digital com cinco medidas diárias, em diferentes meses, que resultou nas porcentagens de sombreamento apresentados na Tabela 1.

O solo (não classificado) utilizado no experimento foi coletado em um horizonte A (0-15 cm), peneirado (malha 0,5 cm) e seco à sombra. Depois de homogeneizado, foi coletada uma amostra e esta analisada quimicamente no Laboratório Central de Análises de Solo da UFSM. De posse dos resultados da análise (Tabela 2), optou-se em não aplicar adubação complementar, pois estavam de acordo com a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004) para a espécie.

Instalação do experimento

Para acondicionar o solo, foram utilizados sacos plásticos pretos com dimensões 18 x 25 cm. As mudas de erva-mate utilizadas no experimento foram produzidas partindo de sementes e adquiridas

de um viveiro particular do município de Anta Gorda, RS, estas não apresentavam qualquer sintoma de doenças e apresentavam homogeneidade em tamanho (quatro folhas e 5 cm de altura partindo do colo). Em setembro de 2006, foram repicadas para as embalagens e permaneceram por um mês em casa de vegetação e, em seguida, transferidas para as capelas onde permaneceram até o final do experimento. A irrigação foi realizada manualmente com água de poço artesiano.

Produção do inóculo

Os isolados de *Fusarium oxysporum* ou *Fusarium solani* utilizados neste estudo são oriundos de plantas de erva-mate doentes e, identificados em estudos anteriores por Poletto et al. (2006), conservados, por dois anos, em frascos com sementes de sorgo e solo esterilizados, em temperatura ambiente. Porções dessas sementes foram retiradas dos frascos e transferidas para placas de Petri contendo batata-dextrose-ágar (BDA) e mantidas por 10 dias a 24°C com fotoperíodo de 12 horas. Porções das colônias crescidas nas placas foram transferidas para erlenmeyers contendo arroz (sem casca, tipo parboilizado) previamente umedecido e autoclavado (30 min a 121°C a 1 atm). Depois de inoculados, os frascos permaneceram na câmara de incubação a 24°C com fotoperíodo de 12 horas por 20 dias. Após esse período, o arroz foi colocado em um recipiente com água esterilizada (1000 mL de água para cada 200 g de arroz) e agitado por 10 min, a suspensão resultante foi coada e contou-se o número de esporos, com auxílio da câmara de Neubauer em um microscópio óptico. A suspensão apresentou $4,30 \times 10^7$ esporos mL⁻¹ para *Fusarium oxysporum* e $2,99 \times 10^7$ esporos mL⁻¹ para *Fusarium solani*. Em fevereiro de 2007, foram inoculados 20 mL da suspensão de esporos por vaso (10 mL de suspensão para cada espécie), incorporados nos dois primeiros centímetros da superfície do solo e, imediatamente, este foi umedecido com água.

Avaliações

Ao final do experimento (outubro de 2007), foram medidos o diâmetro do colo com o auxílio de um paquímetro digital (precisão 0,01 cm), a altura da muda partindo do colo, com uma régua (precisão 0,01 cm), e realizada a contagem do número de folhas. Em seguida, foi determinada a biomassa seca aérea (BMA) e radicular (BMR). Para isso, as raízes

foram separadas da parte aérea com uso de tesoura, em seguida, proferiu-se a lavagem das raízes com jatos de água, para tal foi usado um conjunto de duas peneiras sobrepostas com malhas de 1 mm e 2 mm respectivamente, visando a não haver perda de raízes. O material foi acondicionado em sacos de papel pardo e seco em estufa de circulação forçada, a 70°C, até atingir peso constante e após, pesado em balança analítica de precisão 0,01 g. A biomassa seca total (BMT) foi obtida pela soma das BMA e BMR.

Também foi coletada uma amostra de solo de 200 g, composta por todos os tratamentos, e encaminhou-se ao Laboratório Central de Análises de Solo da UFSM para análise química.

Procedimento estatístico

Os dados obtidos nos parâmetros de crescimento foram submetidos à análise da variância para verificação da significância e, em caso positivo, foi aplicada análise de regressão ou comparação de médias com teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os dados obtidos da contagem do número de folhas foram transformados para Raiz ($x + k$) com $k = 0,5$ para aproximação da curva normal. Para essas análises, foi utilizado o software estatístico SANEST (ZONTA et al., 1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades químicas do solo

A Tabela 2 apresenta a análise química do solo antes e ao final do experimento. Observa-se que houve pouca redução nos teores de nutrientes encontrados no solo do início para o final do experimento, portanto, não houve impedimentos nutricionais que poderiam interferir no bom desenvolvimento da espécie, estando os teores dentro do recomendado para a erva-mate. A redução nos teores de nutrientes, observados ao final do experimento, é decorrente da absorção e incorporação na biomassa da erva-mate. O fósforo, o potássio, o cálcio e o magnésio são considerados altos antes e ao final do experimento, exceto para o Ca que passou a ser médio. A quantidade de matéria orgânica é considerada média antes da instalação do experimento e continuou média até o final, com um valor muito próximo ao encontrado no início (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

TABELA 2: Composição química do solo inicial (09/2006) e ao final (10/2007) do experimento.
TABLE 2: Initial (09/2006) and final (10/2007) soil chemical composition of the experiment.

	MO	Argila	pH	Índice	P ¹	K ¹	Ca	Mg	Al	CTCpH _{7,0}	V	m
	(g dm ⁻³)		H ₂ O	SMP	(mg dm ⁻³)				(cmol _c dm ⁻³)		(%)	
Inicial	28	250	5,4	6,1	14,3	84	5,8	1,9	0	11,7	68	0
Final	26	240	5,4	6,0	14,0	80	2,5	1,7	0	8,8	50	0

Em que: MO = Matéria Orgânica, m = Saturação por Alumínio, V = Saturação por bases, ¹Extrator Mehlich I.

Efeito dos tratamentos nos parâmetros de crescimento das mudas

Na Tabela 3, são apresentados os valores de significância obtidos na análise da variância para os parâmetros de crescimento medidos nas mudas de erva-mate em função dos fatores F e B e sua interação (F x B). Para o fator F (inoculação ou não de *Fusarium*), observa-se que houve efeito significativo para a maioria das variáveis, exceto para a biomassa radicular (BMR) e total (BMT). No fator B (níveis de sombreamento), observou-se significância em todas as variáveis e na interação entre fator F e B, somente as variáveis número de folhas, diâmetro e BMA/BMR foram significativas. O coeficiente de variação (CV%) (Tabela 3) encontra-se de acordo com os normalmente encontrados em experimentos com erva-mate (STORK et al., 2002).

Na Tabela 4, são apresentados os valores médios dos parâmetros de crescimento para os níveis do fator F. Observa-se que o nível com inoculação de *Fusarium* spp. apresentou os menores resultados em

comparação ao não inoculado, embora as variáveis BMR e BMT não tenham apresentado diferenças estatísticas.

Esses resultados mostram que a inoculação de *Fusarium* spp. foi prejudicial ao desenvolvimento das mudas, evidenciando o potencial desse patógeno em causar danos à erva-mate.

Na Tabela 5, podem-se observar as equações que melhor se ajustaram aos dados obtidos para os parâmetros de crescimento em função dos níveis de sombreamento (Fator B) bem como os parâmetro de precisão (Prob.>F e r²). Observa-se que, entre as variáveis, houve mais de uma equação (linear ou quadrática) que se ajustou com precisão aos dados.

Embora sem diferença estatística significativa em algumas variáveis, observa-se que, na Figura 1, os valores obtidos nos tratamentos com a inoculação de *Fusarium* spp., foram menores que os não inoculados, em todos os níveis de sombreamento, exceto para o segundo nível em que, para algumas variáveis (Figura 1 B, C, F e G), os valores foram maiores no tratamento inoculado,

TABELA 3: Níveis de significância na análise da variância para as variáveis: número de folhas, altura, diâmetro do colo, biomassa aérea (BMA), radicular (BMR) e total (BMT) e relação biomassa aérea/radicular (BMA/BMR), para os fatores F (inoculação ou não de *Fusarium* spp.) e B (níveis de sombreamento) e sua interação.

TABLE 3: Significance levels in the analysis of variance by variables: number of leaves, height, stem diameter, shoot biomass (BMA), root biomass (BMR) and total biomass (BMT) and relationship between shoot/root biomass (BMA/BMR), by factors F (inoculation or not of *Fusarium* spp.) and B (shading levels) and their interaction.

CV	Variáveis / P < F						
	N. folhas	Altura	Diâmetro	BMA	BMR	BMT	BMA/BMR
Fus (F)	0,00480*	0,04444*	0,01023*	0,02402*	0,64399ns	0,07591ns	0,00077*
Som (B)	0,00001*	0,00001*	0,00001*	0,00001*	0,00001*	0,00001*	0,00001*
A*B	0,02599*	0,16066ns	0,03088*	0,11873ns	0,84837ns	0,54442ns	0,00329*
CV (%)	12,9	25,6	18,0	30,1	30,1	29,7	17,4

Em que: *Efeito significativo a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo; CV = coeficiente de variação.

TABELA 4: Comparação de médias para as variáveis: número de folhas, altura, diâmetro do colo, biomassa aérea (BMA), radicular (BMR) e total (BMT) e relação biomassa aérea/radicular (BMA/BMR), para os níveis do fator F (inoculação ou não de *Fusarium* spp.).

TABLE 4: Comparison for the variables: leaf number, height, stem diameter, shoot biomass (BMA), root biomass (BMR) and total biomass (BMT) and relationship between shoot/root biomass (BMA/BMR), by the factor F levels (inoculation or not of the *Fusarium* spp.).

<i>Fusarium</i>	N. folhas	Altura	Diâmetro	BMA	BMR	BMT	BMA/BMT
Sem	13,5 a	18,5 a	5,0 a	3,2 a	2,0 a	5,2 a	1,4 a
Com	11,4 b	15,6 b	4,2 b	2,5 b	1,8 a	4,4 a	1,1 b

Em que: Médias não seguidas de mesma letra, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

TABELA 5: Equações polinomiais testadas para os parâmetros de crescimento: número de folhas, altura, diâmetro do colo, biomassa aérea (BMA) biomassa radicular (BMR) biomassa total (BMT) e relação BMA/BMT e parâmetros de precisão, em função dos níveis de sombreamento (Fator B).

TABLE 5: Polynomial equations tested by growth parameters: leaf number, height, stem diameter, shoot biomass (BMA), root biomass (BMR) and total biomass (BMT) and relationship between shoot/root biomass (BMA/BMR) and precision parameters, in function of shading levels (Factor B).

Variáveis	Equações polinomiais	Prob.>F	r ²
N. folhas	$Y = 1,823759 + 0,0310071x$	0,00001*	0,92
	$Y = 1,453495 + 0,0606282x - 0,00029621x^2$	0,00023*	0,99
Altura	$Y = 1,823759 + 0,2386500x$	0,00001*	0,98
	$Y = 1,453495 + 0,0606282x - 0,00029621x^2$	0,81021ns	0,98
Diâmetro	$Y = 2,534250 + 0,0414300x$	0,00001*	0,74
	$Y = 1,545679 + 0,1205157x - 0,00079086x^2$	0,00003*	0,97
BMA	$Y = 0,485000 + 0,0473850x$	0,00001*	0,88
	$Y = 0,049464 + 0,0822279x - 0,00034843x^2$	0,01142*	0,93
BMR	$Y = 0,644500 + 0,0255750x$	0,00001*	0,68
	$Y = 0,050036 + 0,0731321x - 0,00047557x^2$	0,00005*	0,89
BMT	$Y = 1,128750 + 0,0729450x$	0,00001*	0,82
	$Y = 0,099643 + 0,1552736x - 0,00082329x^2$	0,00087*	0,91
BMA/BMR	$Y = 0,577500 + 0,0138950x$	0,00001*	0,87
	$Y = 0,495536 + 0,0204521x - 0,00006557x^2$	0,05613ns	0,89

Em que: *Efeito significativo. ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro.

provavelmente por algum erro experimental não identificado. Todas as mudas inoculadas com *Fusarium* spp., que estavam a pleno sol, morreram antes do término do experimento, diferentemente das não inoculadas, que permaneceram vivas.

A diferença estatística apresentada entre os tratamentos inoculados e não inoculados nas variáveis n. de folhas, diâmetro e relação BMA/BMT (Figura 1 A, E e G), nos níveis de menor

sombreamento e, ausência de diferença nos maiores níveis, pode indicar que as mudas ficaram mais susceptíveis ao *Fusarium* spp. quando foram submetidas à maior insolação.

Para o número de folhas (Figura 1 A) e a altura (Figura 1 B), as equações que melhor se ajustaram aos dados foram lineares positivas (Tabela 5). Houve um incremento no número de folhas e na altura das mudas de 89 e 84%, respectivamente, do

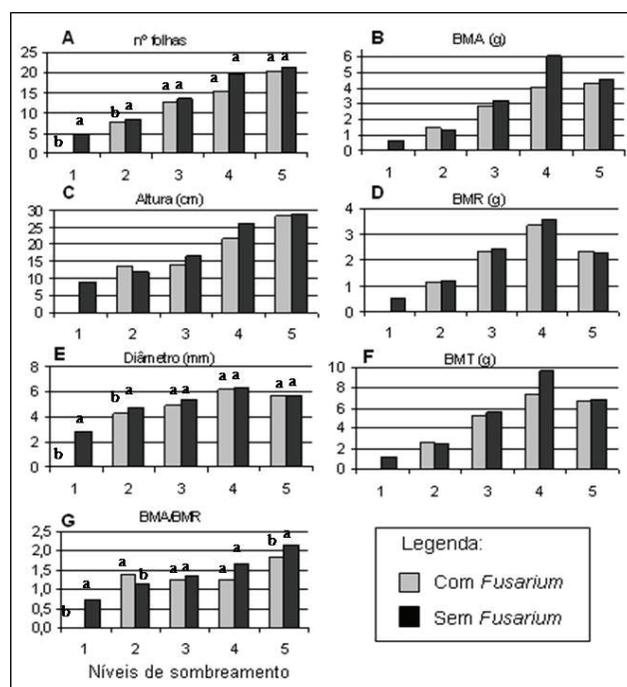


FIGURA 1: Representação gráfica das variáveis número de folhas (A), (BMA) biomassa seca aérea (B), altura (C), (BMR) biomassa seca radicular (D), diâmetro do colo (E), (BMT) biomassa seca total (F) e a relação BMA/BMR (G) das mudas inoculadas ou não de *Fusarium* spp. nos diferentes níveis de sombreamento. Colunas não seguidas de mesma letra diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os valores do eixo X referem-se aos níveis de sombreamento: 1 = pleno sol, 2 = 26%, 3 = 41%, 4 = 84%, 5 = 95% de sombreamento.

FIGURE 1: Graphic representation of the variables: leaf number (A), (BMA) shoot biomass (B), height (C), (BMR) root biomass (D), stem diameter (E), (BMT) total biomass (F) and relationship between shoot/root biomass (BMA/BMR) (G) of the seedlings, inoculated or not by *Fusarium* spp. on shading levels. Columns not followed by the same letter differ for the Tukey test at the 5% of error of probability. The axis X values refer to shading levels: 1 = full sun, 2 = 26%, 3 = 41%, 4 = 84%, 5 = 95% of shading.

menor para o maior nível de sombreamento. Efeito semelhante também foi observado para a BMA e a BMT (Figura 1 B e F). As equações que melhor se ajustaram foram lineares positivas, havendo um incremento de 92 e 91% da BMA e da BMT, respectivamente, do menor para o maior nível de sombreamento.

Para as variáveis BMR e diâmetro do colo (Figura 1 D e E), as equações que melhor se ajustaram aos dados foram de ordem quadrática (Tabela 5), sendo os maiores valores observados no nível 5 (84% de sombreamento).

Na Figura 1 G, observa-se que a relação BMA/BMR das mudas foi menor que 1 nas mudas a pleno sol, aumentando conforme o nível de sombreamento. Segundo Carneiro (1995), para mudas da maioria das espécies florestais, essa relação deve permanecer entre 2 e 2,5 para ser ideal. Os menores valores obtidos nessa relação,

nos níveis de menor sombreamento, pode ter sido pela grande queda de folhas ocorrida e pelo menor desenvolvimento da parte aérea das mudas prejudicadas pelo excesso de sol.

Mazuchowski (2004) observou que mudas de erva-mate cultivadas a pleno sol não tiveram desenvolvimento satisfatório e algumas morreram. Os aspectos relevantes, de condição ambiental mais adequada à erva-mate, foram nos sombreamentos de 50 a 70%. As maiores alturas de plantas foram verificadas nas condições crescentes de sombreamento, tendendo à redução pelo aumento da luminosidade ambiental. O mesmo autor também observou que as condições de maior sombreamento favoreceram o incremento do peso úmido e do peso seco da biomassa foliar bem como do sistema radicular.

O efeito do sombreamento influencia as características do ambiente e das mudas sob as

campânulas como: a umidade e a temperatura do ar e do solo, diminuindo os extremos; velocidade do vento; evapotranspiração; e características morfológicas e bioquímicas como área foliar, peso de biomassa aérea e radicular, taxa de fotossíntese, etc. (MAZUCHOWSKI et al., 2003).

Efeito significativo de níveis de sombreamento em erva-mate também foi observado por Brena et al. (2002). Os autores encontraram respostas quadráticas nas variáveis altura, diâmetro do colo e número de folhas em função do sombreamento, sendo que a máxima eficiência técnica se estabeleceu acima do maior nível de sombreamento testado (70%).

O melhor desenvolvimento das mudas de erva-mate nos maiores níveis de sombreamento pode ser atribuído a uma característica natural da espécie, classificada como clímax, ambientalmente adaptada ao interior de florestas, tolerante ao sombreamento inicial, podendo germinar, sobreviver e desenvolver-se sob dossel fechado e com pouca luz.

Aspectos semelhantes ao da erva-mate foram observados por Lima Junior et al. (2005) para o camboatá (*Cupanea vernalis* Camb.), também uma espécie clímax. Os autores observaram que o melhor desenvolvimento de mudas da espécie ocorreu sob condições de 50 e 70% de sombreamento.

Almeida et al. (2004) estudaram a exigência à luminosidade por mudas de canela-batalha (*Cryptocarya aschersoniana* Mez.), produzidas sob sombrite com diferentes graus de permeabilidade de luz e a pleno sol, e observaram que o sombreamento de 30 e 50% foi o que proporcionou maior desempenho vegetativo. Inoue e Torres (1980) observaram que, quanto maior o sombreamento, menor foi a produção de biomassa seca de mudas de pinheiro (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze), sendo os maiores valores observados nas mudas a pleno sol. Scalón et al. (2006) observaram que mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) apresentaram maior crescimento inicial a pleno sol, enquanto mudas de sombreiro (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard) se desenvolveram melhor em 50 a 70% de sombreamento. Portanto, cada espécie, clímax ou pioneira, exige um grau de luminosidade/sombreamento ideal para seu desenvolvimento.

Como o sombreamento artificial da erva-mate proporcionou efeito benéfico para o seu desenvolvimento e maior resistência ao ataque de *Fusarium*, faz-se necessário, agora, experimentos a campo, para testar diferentes formas de sombreamento do erval como, por exemplo, o

consórcio com espécies florestais e qual a densidade de consórcio para se conseguir o sombreamento ideal.

CONCLUSÃO

O melhor crescimento e desenvolvimento da erva-mate e maior resistência ao *Fusarium* spp. ocorreu nos maiores níveis de sombreamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L. P. de. et al. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 83-88, 2004.
- ANDRADE, F. M. de. A exploração e utilização do recurso *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. (erva-mate), seus impactos sócio-econômicos atuais e potencialidades de manejo sustentável. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RECURSOS FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA, 1., 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Horto Florestal, 1999, p. 24-33.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul: Guia de Identificação e Interesse Ecológico**. 1. ed. Santa Cruz do Sul: Programa Clube da Árvore - Instituto Sousa Cruz, 2002. 325 p.
- BRENA, D. A. et al. Influência da luminosidade na produção de erva-mate. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 8., Nova Prata. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2002. 1 CD-ROM.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR, FUPEF, UNEF, 1995. 451 p.
- CONTO, A. J. A estrutura da produção da erva-mate na região sul. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2.; REUNIÃO TÉCNICA DA ERVA-MATE, 3., 2000, Encantado. **Anais...** Porto Alegre: Edição dos organizadores, 2000, p. 210-214.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **O Brasil estado por estado**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/paisesat>>. Acesso em: 14 de dez. 2007.
- INOUE, M. T.; TORRES, D. V. Comportamento do crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em dependência da intensidade luminosa. **Floresta**, v. 11, n. 1, p. 5-9, 1980.
- LIMA JUNIOR, E. de C. et al. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a

- diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1092-1097, 2005.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 2. ed., Nova Odessa: Plantarum, 1998. 352 p.
- MACCARI JUNIOR, A. et al. Indústria ervateira no estado do Paraná – fornecimento de matéria-prima. **Revista Acadêmica**, v. 4, n. 1, p. 63-70, 2006.
- MAZUCHOWSKI, J. Z. **Influência de níveis de sombreamento e de nitrogênio na produção de massa foliar da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.)**. 2004, 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- MAZUCHOWSKI, J. Z.; MACCARI JUNIOR, A.; SILVA, E. T. da. Influência de diferentes condições de radiação solar sobre o crescimento morfológico da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.). In: CONGRESO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 3., Chapecó, 2003. **Anais...** Chapecó: EPAGRI, 2003. 1 CD-ROM.
- POLETO, I. et al. Primeira ocorrência de *Pythium* sp. e *Rhizoctonia* sp. causando podridão-de-raízes em ervais no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 65-71, 2007.
- POLETO, I. et al. Zoneamento e identificação de *Fusarium* spp. causador de podridão-de-raízes em plantios de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) na região do Vale do Taquarí-RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2006.
- ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y. M. de. **Cultivo da erva-mate – Distribuição geográfica**. Disponível em: <www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Erva-mate>. Acesso 13 dez. 2007.
- SCALON, S. de P. Q. et al. Desenvolvimento de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) sob condições de sombreamento. **Ciência Agrotécnica**, v. 30, n. 1, p. 166-169, 2006.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed., Porto Alegre: SBSC, Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 394 p.
- STORK, L. Precisão experimental em erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 159-161, 2002.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. D.; SILVEIRA JUNIOR, P. **Sistema de análise estatística para microcomputadores: SANEST**. Pelotas: UFPEL, 1984. (Registro SEI n. 06606-0 categoria AO).