

Influência da Luminosidade sobre a Produção de Massa Foliar e Teores de Macronutrientes, Fenóis Totais, Cafeína e Teobromina em Folhas de Erva-mate

Marcos Fernando Gluck Rachwal¹
Geraldo Ceni Coelho²
Renato Antonio Dedecek³
Gustavo Ribas Curcio⁴
Elair Paulo Schenkel⁵

Não se tem ainda informações conclusivas sobre a influência da luminosidade na produção de massa foliar, concentração de nutrientes e compostos orgânicos em folhas de erva-mate e sua participação no sabor do produto.

O objetivo deste trabalho foi estudar as variações decorrentes de diferentes níveis de sombreamento que ocorrem na produção de massa aérea e nos teores foliares de macronutrientes, fenóis totais, cafeína e teobromina de erva-mate cultivada.

Este experimento foi instalado em erval comercial no espaçamento de 3 x 2 m com 3 anos e 4 meses de idade na Fazenda Ignamate em São Mateus do Sul, PR, em 1.997. O erval encontrava-se sobre latossolo vermelho-amarelo distrófico textura muito argilosa A moderado relevo suave ondulado, sob remanescente de Floresta Ombrófila Mista com diferentes intensidades luminosas.

As erva-mates foram produzidas a partir de sementes coletadas na própria fazenda.

Selecionaram-se três sítios com 77, 48 e 19% de luminosidade relativa, considerando-se a média entre a luminosidade de primavera, verão, outono e inverno. Em cada um destes sítios escolheu-se 60 plantas as quais foram avaliadas durante o trabalho.

As determinações de luminosidade foram efetuadas em todas as plantas, posicionando-se o luxímetro próximo ao tronco e a altura de um metro do solo.

Em 1997, 1998 e 2001, quando as plantas estavam com 3, 4 e 7 anos e 4 meses, respectivamente, efetuou-se a poda das mesmas para determinar a produção de massa foliar úmida.

Em agosto de 1.999, quando as plantas estavam com 5 anos e 4 meses de idade, foi efetuada a poda do erval para medir a produção de massa foliar de todos os indivíduos e coletar amostras de folhas de 10 indivíduos representativos de cada sítio, para determinação de macronutrientes e fenóis totais. Nesta mesma ocasião os solos foram coletados para análise de macronutrientes.

¹ Engenheiro-agrônomo, Mestre, Pesquisador da *Embrapa Florestas*. rachwal@cnpf.embrapa.br

² Biólogo, Doutor, Pesquisador da Unijui. coelho@unijui.tche.br

³ Engenheiro-agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*. dedecek@cnpf.embrapa.br

⁴ Engenheiro-agrônomo, Mestre, Pesquisador da *Embrapa Florestas*. curcio@cnpf.embrapa.br

⁵ Farmacêutico, Doutor, Universidade Federal de Santa Catarina. eloirschenkel@hotmail.com

As análises de solos e folha para determinação de macronutrientes foram feitas no Laboratório de Solos e Nutrição Florestal da *Embrapa Florestas*.

Os teores de fenóis totais foram determinados nos laboratórios do Instituto Agrônomo do Paraná - Iapar, utilizando-se o reativo de Folin-Denis.

Para determinação dos teores de cafeína e teobromina, foram selecionadas amostras de folhas de 6 indivíduos que já haviam sido coletados nos sítios 1, 2 e 3, para determinação de macronutrientes e fenóis totais. Neste caso, a luminosidade foi calculada fazendo-se a média entre os valores determinados por luximetria, em cada um dos 6 indivíduos de cada sítio, resultando em 93%, 41% e 5% de luminosidade relativa, nos sítios 1, 2 e 3, respectivamente. Os teores de cafeína e teobromina foram determinadas no Laboratório da Universidade de Ijuí - UNIJUI.

A produção de massa foliar foi diretamente proporcional à luminosidade, em todas as idades (Tabela 1).

Percebe-se, no entanto, uma leve redução na produção de massa foliar do 4º para o 5º ano, no caso dos sítios 1 e 2. Isto se deu porque, provavelmente, a intensidade de poda praticada no 4º ano tenha sido maior, tendo-se retirado proposadamente maior porcentagem de folhas das copas das árvores. Aos 7 anos e 4 meses só houve diferença estatística significativa no sítio 3 o qual produziu 4 vezes menos massa foliar total.

Tabela 1. Produção de massa úmida foliar de erva-mate em função de diferentes níveis de luminosidade.

SÍTIOS	Produção total e comercial de massa úmida foliar em g/planta							
	3 anos e 4 meses		4 anos e 4 meses		5 anos e 4 meses		7 anos e 4 meses	
	total	comercial	total	comercial	Total	comercial	total	comercial
Sítio1 (77%)	523	-	1628 a	1379	1414 a	1377	2124 a	-
Sítio2 (48%)	428	-	1223 b	1040	1008 b	981	1958 a	-
Sítio3 (19%)	137	-	290 c	278	337 c	319	439 b	-

Produção total: somatória do peso de toda massa aérea.

Produção comercial: somatória de folhas e ramos finos com diâmetro £ 1cm.

(%) - luminosidade relativa.

Números seguidos por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve diferença estatística entre os três sítios no que se refere aos teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo nos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (B) dos solos, possivelmente devido à grande variabilidade dos dados, o que se reflete nos elevados coeficientes de variação (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de macronutrientes nos solos dos sítios com diferentes luminosidades relativas, coletados em 1997 na implantação do experimento.

Horizonte A		LUMINOSIDADE RELATIVA		
NUTRIENTES		Sítio 1 - 77%	Sítio 2 - 48%	Sítio 3 - 19%
Ca (67%)	cmol./ dm ³	0,48 a	0,81 a	0,73 a
Mg (44%)		3,1 a	2,5 a	1,95 a
K (47%)		0,28 a	0,21 a	0,45 a
P (43%)	mg/dm ³	1 a	2 a	1,7 a
Horizonte B		LUMINOSIDADE RELATIVA		
NUTRIENTES		Sítio 1 - 77%	Sítio 2 - 48%	Sítio 3 - 19%
Ca (34%)	cmol./ dm ³	0,42 a	0,45 a	0,57 a
Mg (54%)		2,9 a	2,7 a	1,4 a
K (76%)		0,21 a	0,04 a	0,22 a
P	mg/dm ³	*	*	*

Médias na mesma linha seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Foram encontrados apenas traços deste elemento neste horizonte.

(%) - coeficientes de variação.

As diferenças de luminosidade entre os sítios não afetaram os teores foliares de cálcio e nitrogênio (Tabela 3), ao contrário do encontrado por outros autores em erva-mate (Quadros et al., 1992).

Uma possível explicação, para o nitrogênio foliar não diferir entre os sítios seria o fato da coleta das folhas ter sido realizada em agosto, época de atividade metabólica mais reduzida, já que segundo Reissmann et al. (1985), o teor de N nas folhas se reduz nos períodos de outono e inverno. Sob este enfoque, levanta-se a hipótese de que no ambiente mais sombreado a atividade metabólica é mais constante, apresentando menores variações nos conteúdos de N, entre as estações do ano. No ambiente com maior luminosidade, as significativas diferenças de insolação e temperatura provocam variações mais acentuadas nos teores foliares dos nutrientes durante o ano, sendo possivelmente mais elevadas na estação de crescimento. Deste modo, a coleta tendo sido feita em agosto não permitiu que fossem detectadas as possíveis diferenças nos teores de N em função da luminosidade. Segundo Wallace (1961), a necessidade de N em condições de baixa luminosidade pode ser menor, pois resulta num aumento de N solúvel às custas do N insolúvel, devido à quebra de proteínas, devolvendo o N disponível para os processos de crescimento.

No local de maior luminosidade relativa (sítio 1), os teores foliares de potássio foram inferiores aos encontrados nos outros dois sítios, apresentando 0,63 de coeficiente de correlação com a luminosidade relativa de verão. Segundo Wallace (1961), a necessidade de potássio é maior sob condições de baixa luminosidade. Quadros et al. (1992) também encontraram teores foliares de potássio mais elevados em folhas de erva-mate sujeitas a menor luminosidade.

Os teores foliares de magnésio e fósforo não apresentaram diferença entre os sítios 1 e 2, com 77 e 48%, respectivamente, de luminosidade relativa. As

maiores diferenças ocorreram justamente no ambiente mais sombreado (sítio 3), onde os teores de magnésio foram os mais elevados e os de fósforo os mais reduzidos. O coeficiente de correlação entre a luminosidade relativa média e os teores foliares de magnésio foi de $-0,64$. Quadros et al. (1992) também encontraram maiores teores foliares de magnésio em folhas de erva-mate sombreadas.

TABELA 3. Teores de macronutrientes em folhas de erva-mate com 5 anos e 4 meses, em função da luminosidade relativa.

NUTRIENTES	LUMINOSIDADE RELATIVA		
	Sítio 1 - 77%	Sítio 1 - 48%	Sítio 1 - 19%
Ca	5,6 a	5,1 a	5,8 a
Mg	3,8 b	4,3 b	5,6 a
K	11,5 b	15,3 a	16,2 a
N	25,9 a	26,2 a	26,3 a
P	0,92 a	0,94 a	0,82 b

Médias na mesma linha seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Os taninos compreendem um grande grupo de substâncias complexas que ocorrem como misturas de polifenóis (Robbers et al., 1997).

A erva-mate possui uma mistura complexa de ácidos fenólicos, tais como o ácido clorogênico, ácido caféico, e ácidos dicafeoilquínicos (Clifford & Ramirez-Martinez, 1990; Filip et al., 2001). Em ensaios de ecologia química, emprega-se o método de reação de Folin-Denis, que se baseia nas reações de oxi-redução das hidroxilas fenólicas, e serve para verificar o teor de fenólicos totais (Santos & Mello, 2000).

Neste trabalho os maiores teores de fenóis totais ocorreram nas folhas produzidas no sítio com maior luminosidade (Tabela 4), tendo-se encontrado correlação positiva de $0,68$ entre produção de folhas e luminosidade relativa média.

TABELA 4. Teor de fenóis totais na matéria seca de folhas de erva-mate com 5 anos e 4 meses, em porcentagem em função da luminosidade.

Luminosidade Relativa (%)	77	48	19
fenóis totais %	16,4 a	14,7 b	13,4 b

Médias seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Estudando espinheira-santa, Radomski (1998) também encontrou correlação positiva entre teores foliares de tanino e luminosidade.

Em ambientes com excesso de luz a produção de compostos fenólicos é maior, pois eles protegem a planta, absorvendo o excesso de raios ultravioleta (Larcher, 1986; Salisbury & Ross, 1992). O aumento na intensidade luminosa eleva os teores de ácido

clorogênico em tomate (Jansen & Stamp, 1997) e os teores de fenólicos totais em diversas plantas (Dudt & Shure, 1994). Segundo estes últimos autores, o aumento nos teores de fenólicos totais apresenta uma relação inversa com o grau de herbivoria. Glicosídeos fenólicos também são capazes de reduzir a herbivoria em *Populus tremuloides* (Osier et al., 2000). Zucker (1983), sugere que os taninos protegem a planta contra herbívoros e microorganismos.

Além dos compostos fenólicos, apresenta-se neste trabalho a quantificação de metilxantinas.

Na Fig. 1 constam os teores de cafeína e teobromina (metilxantinas) em função da diferente luminosidade entre os três sítios.

Metilxantinas são substâncias nitrogenadas que podem agir como defesas químicas (Nathanson, 1984; Itoyama & Bicudo, 1992; Morris et al., 1994; Kumar et al., 1995), sendo tóxicas para fungos e insetos.

Não houve diferença nos teores de teobromina em função da variação de luminosidade. Porém os teores de cafeína e a soma dos teores de cafeína e teobromina foram significativamente superiores no sítio de menor luminosidade (sítio 3).

Bryant et al. (1983), relatam que há aumento na produção de substâncias nitrogenadas em ambientes mais sombreados. Mazzafera (1994) observou que folhas de erva-mate submetidas a maior sombreamento produziram maiores quantidades de metilxantinas, comparando-as com folhas mais iluminadas, na mesma planta.

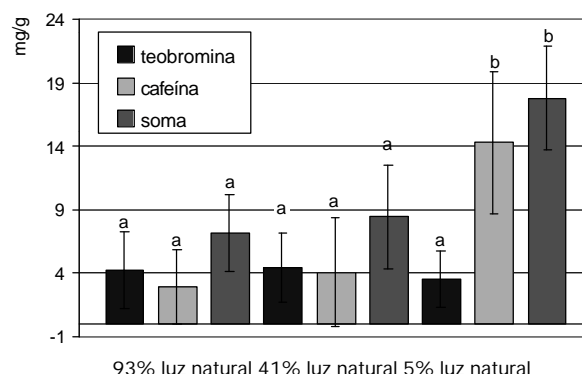


Fig. 1- Efeito de diferentes intensidades de luz natural (valores médios e desvio padrão) sobre a concentração de cafeína e teobromina em *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., com 5 anos e 4 meses, em São Mateus do Sul-PR; n = 10. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos segundo o teste de Tukey.

Considerando que os teores de macronutrientes no solo dos três sítios não foram diferentes e que as plantas de erva-mate eram da mesma procedência, conclui-se que a luminosidade foi o principal fator de influência sobre a produção de massa foliar e sobre os teores foliares de macronutrientes, tanino, teobromina e cafeína, nas condições estudadas.

A importância destes resultados está no fato de que estas variações na composição podem alterar o sabor do produto, ou seja, suas propriedades organolépticas.

Deve-se acrescentar que, produtos com composição química distinta, podem ser destinados a segmentos específicos do mercado, ampliando, desta forma, as alternativas de comercialização pelos produtores.

Neste contexto, é importante que os produtores que ainda têm grande parte de seus ervais parcialmente sombreados por remanescentes de florestas nativas possam manejar os mesmos, regulando o sombreamento de tal forma que não haja redução severa na produtividade dos ervais. Em última análise, os resultados mostram que é possível produzir erva-mate com sombreamento parcial, sem comprometer o produto e sem prejudicar o que restou de nossas florestas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRYANT, J. P.; CHAPIN, F. S.; KLEIN, D. R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos*, v. 40, p. 357-368, 1983.

CLIFFORD, M. N.; RAMIREZ-MARTINEZ, J. R. Chlorogenic acids and purine alkaloids contents of Maté (*Ilex paraguariensis*) leaf and beverage. *Food Chemistry*, v. 35, n. 1, p. 13-21, 1990.

DUDT, J. F.; SHURE, D. J. The influence of light and nutrients on foliar phenolics and insect herbivory. *Ecology*, v. 75, n. 1, p. 86-98, 1994.

FILIP, R.; LÓPEZ, P.; GIBERTI, G.; COUSSIO, J.; FERRARO, G. Phenolic compounds in seven South American *Ilex* species. *Fitoterapia*, Milan, v. 72, n. 7, p. 774-778, nov. 2001.

ITOYAMA, M. M.; BICUDO, E. M. C. Effects of caffeine on fecundity, egg laying capacity, development time and longevity in *Drosophila prosaltans*. *Revista Brasileira de Genética*, v. 15, n. 2, p. 303-321, 1992.

JANSEN, M. P. T.; STAMP, N. E. Effects of light availability on host plant chemistry and the consequences for behavior and growth of an insect herbivore. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 82, p. 319-333, 1997.

KUMAR, N. S.; HEWAVITHARANAGE, P.; ADIKARAM, N. K. B. Attack on tea by *Xyleborus fornicatus*: inhibition of the symbiote, *Monacrosporium ambrosium*, by caffeine. *Phytochemistry*, v. 40, n. 4, p. 1113-1116, 1995.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Paulo: EPU, 1986. 319 p.

MAZZAFERA, P. Caffeine, theobromine and theophylline distribution in *Ilex paraguayensis*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 6, n. 2, p. 149-151, 1994.

MORRIS, O. N.; TROTTIER, M.; MCLAUGHLIN, N. B.; CONVERSE, V. Interaction of caffeine and related compounds with *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki* in Bertha armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, v. 87, n. 3, p. 610-617, 1994.

NATHANSON, J. A. Caffeine and related methylxanthines: possible naturally occurring pesticides. *Science*, v. 226, p. 184-187, 1984.

OSIER, T. L.; HWANG, S-Y.; LINDROTH, R. L. Effects of phytochemical variation in quaking aspen *Populus tremuloides* clones on gypsy moth *Lymantria dispar* performance in the field and laboratory. *Ecological Entomology*, v. 25, p. 197-207, 2000.

QUADROS, R. M. B.; REISSMANN, C. B.; ADOMSKI, M. I. Comparação dos teores de macro e micronutrientes em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hil.), em ervais nativos sob condições de sombreamento e a céu aberto. In: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1., 1992, Porto Alegre. **Programa e resumos**. Porto Alegre: FAPERGS: Secretaria de Ciência e Tecnologia, 1992. p. 30.

RADOMSKI, M. I. **Caracterização ecológica e fitoquímica de *Maytenus ilicifolia* Mart., em populações nativas, no município da Lapa-PR**. 1998. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

REISSMANN, C. B.; KOEHLER, C. W.; ROCHA, H. O.; HILDEBRAND, E. E. Avaliação das exportações de macronutrientes pela erva-mate. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: Silvicultura da Erva-mate (*Ilex paraguariensis*), 10., 1983, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa-CNPf, 1985. p. 128-139. (Embrapa-CNPf. Documentos, 15).

ROBBERS, J. E.; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. **Farmacognosia e Farmacobiotechnologia**. São Paulo: Premier, 1997. 372 p.

SANTOS, S. C.; MELLO, J. C. P. Taninos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.

C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS: Florianópolis: Ed. da UFSC, 2000. p. 517-544.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. Belmont: Wadsworth Inc., 1992. 682 p.

WALLACE, T. **The diagnosis of mineral deficiencies in plant by visual symptoms**. London: Her Majesty's Stationery Office, 1961. 125 p.

ZUCKER, W. V. Tannins: does structure determine function? An ecological perspective. **American Naturalist**, v. 121, n. 3, p. 335-365, 1983.

Comunicado Técnico, 81

Embrapa Florestas

Endereço: Estrada da Ribeira km 111 - CP 319

Fone: (0***) 41 666-1313

Fax: (0***) 666-1276

E-mail: sac@cnpf.embrapa.br

Para reclamações e sugestões *Fale com o*

Ouvidor: www.embrapa.br/ouvidoria

1ª edição

1ª impressão (2002): conforme demanda



Faculdade de Agronomia,
Pecuária e Veterinária

Comitê de Publicações

Presidente: Moacir José Sales Medrado

Secretária-Executiva: Guiomar M. Braguinha

Membros: Antonio Maciel Botelho Machado / Edilson Batista de Oliveira / Jarbas Yukio Shimizu / José Alfredo Sturion / Patricia Póvoa de Mattos / Susete do Rocio Chiarello Penteadó

Expediente

Supervisor editorial: Moacir José Sales Medrado

Revisão gramatical: Ralph D. M. de Souza

Editoração eletrônica: Cleide Fernandes de Oliveira.