

ESTIMATIVA DA TRANSPIRAÇÃO DE FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) A PARTIR DE MEDIDAS DE POROMETRIA EM DIFERENTES CAMADAS DO DOSSEL

DERBLAI CASAROLI¹, QUIRIJN DE JONG VAN LIER², ANDREA INÉS IRIGOYEN³, JONES SIMON³, FÁBIO VALE SCARPARE⁴.

1 Eng. Agrônomo, MSc., doutorando em Agronomia, PPG - Física do Ambiente Agrícola, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Av. Pádua Dias, n.11, CP 9, Piracicaba - SP, CEP 13418-900, E-mail: casaroli@esalq.usp.br

2 Doutor em Agronomia, Prof. Associado, departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP. E-mail: qdjylvier@esalq.usp.br

3 Doutorando em Agronomia no PPG em Física do Ambiente Agrícola - ESALQ/USP.

4 Mestrando em Agronomia no PPG em Física do Ambiente Agrícola - ESALQ/USP.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - 02 a 05 de julho de 2007 - Aracaju - SE

RESUMO: Avaliou-se a transpiração de plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a partir dos métodos de Porometria e Lisimetria. O objetivo do trabalho foi a identificação da posição das folhas no dossel vegetativo com melhor representatividade da transpiração da planta, a partir de medidas de Porometria. Foram obtidos quatro valores diários de transpiração a partir da Porometria (9, 11, 14 e 17 horas) e um valor diário para Lisimetria, num total de três dias de medidas. As medidas foram feitas em seis folhas por planta, localizadas no terço superior, inferior e intermediário do dossel e em três plantas. As médias de transpiração de Porometria e Lisimetria foram submetidas à análise de regressão, correlação, índice de concordância de WILLMOTT & WICHES, raiz do quadrado médio do erro e erro médio absoluto. Os resultados mostraram que a partir das médias de transpiração obtidas pela Porometria em folhas localizadas no terço medial é possível estimar a transpiração das plantas.

Palavras-chave: Taxa transpiratória, acurácia do equipamento, Lisimetria.

ESTIMATE OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) TRANSPIRATION RATE FROM POROMETRY MEASUREMENTS IN DIFFERENT CANOPY LAYERS

ABSTRACT: The transpiration of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) was evaluated by Porometry and Lysimetry in order to identify the position of leaves in the canopy which best represents the plant transpiration. Four transpiration observations per day were made by Porometry (9h, 11h, 14h and 17h) and one daily measure was obtained by Lysimetry, during three days. The measures were made in six leaves per plant, located in the upper, middle and lower third of three plants. Transpiration averages from Porometry and Lysimetry were submitted to regression analysis, correlation tests of WILLMOTT & WICHES, resulting in an agreement index, root mean squared error and absolute medium error. The results showed that the transpiration averages obtained from Porometry in leaves of the upper, middle and lower third of canopy, can estimate transpiration of the plant.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., equipment accuracy, Lysimetry.

INTRODUÇÃO: A quantificação da transpiração vegetal é fundamental para a determinação do fluxo de água de uma área e/ou bacia hidrográfica. Inúmeros processos fisiológicos das plantas têm sido correlacionados a estresses hídricos, dentre estas a transpiração. Em condições normais, a taxa de transpiração nas folhas é determinada essencialmente pelo balanço de radiação, déficit de saturação e pela condutância estomática à difusão de vapor d'água. Um dos métodos utilizados para obter medidas de transpiração é a Lisimetria, contanto que se evite a evaporação do solo. Este método, embora tenha sua aplicação

normalmente restringida a práticas agrícolas, devido a alguns problemas com a representação e qualidade dos dados (HOWELL et al., 1995), ainda pode ser considerado como uma medida de referência. Outro método utilizado para a medida de transpiração contempla o uso de câmaras gasométricas, que medem o aumento da concentração de vapor de ar originada do processo de transpiração da folha. Um dos equipamentos utilizados para a obtenção das medidas é o porômetro de difusão de fluxo contínuo em equilíbrio dinâmico (“steady-state porometer”). O objetivo do presente estudo foi de identificar a posição das folhas no dossel vegetativo que podem representar a transpiração da planta, a partir de medidas de Porometria.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi instalado em casa de vegetação na ESALQ/USP, em Piracicaba-SP. Utilizaram-se plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com volume de 5 L. As medidas foram realizadas aproximadamente 40 dias após a semeadura, quando o feijoeiro se apresenta no estágio fenológico R6 (50% das plantas com flor). Este estágio corresponde ao máximo índice de área foliar e, portanto, com maior taxa transpiratória. As medidas de Porometria foram realizadas em seis folhas por planta e em três plantas. Das seis folhas, duas localizavam-se no terço superior (FS), duas no terço inferior (FI) e duas no terço médio (FM) do dossel. Utilizaram-se folhas saudáveis, expandidas e expostas à radiação. As medidas foram feitas em três dias ensolarados, sendo tomadas às 9, 11, 14 e 17 horas. Para as medidas de Lisimetria, os vasos com as plantas eram pesados às 7:30 horas, onde repunha-se a água transpirada do dia anterior até a “capacidade de campo”, pesava-se novamente e cobria-se o vaso com filme plástico. Às 17:30 horas realizava-se uma nova pesagem, obtendo assim uma medida de perda de água correspondente à transpiração das plantas. Foram realizadas também medidas de área foliar. Para a análise dos dados de Porometria, primeiramente, foram integradas as medidas diárias para cada camada das plantas e depois correlacionadas com as médias obtidas por Lisimetria. A partir das medidas integradas, no dia, de Porometria e medidas de Lisimetria ajustou-se uma regressão múltipla. As médias de transpiração observadas e estimadas foram analisadas pela raiz do quadrado médio do erro (RMSE) segundo FOX (1981), pelo índice de concordância “d” de WILLMOTT & WICHES (1980) e quanto ao erro médio absoluto (SHAEFFER, 1980). Foram medidas também a radiação fotossinteticamente ativa (PAR, $W m^{-2}$), o déficit de pressão de vapor (DPV, kPa) e a temperatura do ar (°C) na casa de vegetação. Também foram determinadas as medidas de área foliar com o auxílio de um equipamento integrador de área (LI-COR 3100).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As plantas avaliadas apresentaram uma taxa transpiratória média de $11,2 mol m^{-2} h^{-1}$, para as medidas de Lisimetria, observando um decréscimo entre as primeiras e as últimas leituras, nas três plantas avaliadas (Tabela 1). Isto pode ter ocorrido devido ao fato, que em média, a radiação PAR dentro da casa de vegetação ter sido menor no segundo e terceiro dia, em relação ao primeiro dia de avaliação. Outro fato que também pode ter contribuído na redução da transpiração foi a diminuição no déficit de pressão de vapor e na temperatura do ar entre o primeiro e o terceiro dia de avaliação (Tabela 1). MARIN et al. (2003) observaram que a taxa transpiratória está principalmente relacionada com a radiação solar e o déficit de pressão de vapor.

Tabela 1 – Área foliar e transpiração das plantas medidas por Lisimetria e Porometria em diferentes camadas do dossel vegetativo de feijoeiro.

Planta	Área Folhar (m^2)	Transpiração ($mol m^{-2} h^{-1}$)		
		Lisimetria		
		Dias		
		1	2	3

1	0,0577	15,92	8,47	9,65
2	0,0998	15,65	8,73	9,88
3	0,1236	12,31	10,70	8,90
Variância	8,34			
Desvio Padrão	2,28			
			Porometria	
Dias	Planta	Superiores	Mediais	Inferiores
1	1	9,26	4,51	2,35
1	2	8,78	4,62	2,22
1	3	7,21	3,22	2,39
2	1	6,52	2,35	2,11
2	2	5,22	1,88	1,87
2	3	6,42	3,12	2,02
3	1	5,83	2,84	1,02
3	2	5,62	2,11	2,08
3	3	4,98	2,21	1,87
<i>correlações</i>				
Lisimetria		0,94	0,96	0,50
Variância		2,28	1,01	0,16
Desvio Padrão		1,51	1,00	0,40
<i>Dados Micrometeorológicos</i>				
PAR (W m-2)*		152	120	98
DPV (kPa)		1,72	1,49	1,38
Temperatura (°C)		28,2	26,8	25,7

*PAR=radiação fotossinteticamente ativa; DPV=déficit de pressão de vapor; r=correlação simples de Pearson.

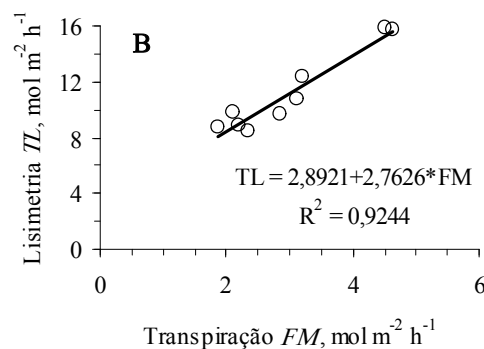
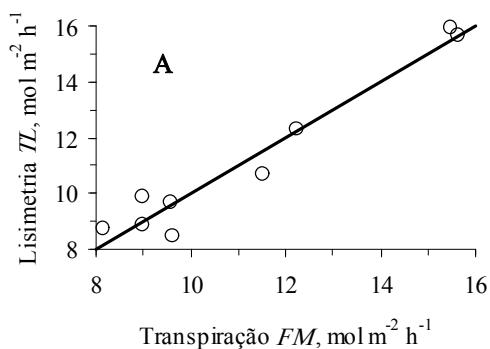
Observou-se uma alta correlação entre as médias de transpiração por Lisimetria e Porometria medidas nas folhas superiores e mediais, e baixa correlação para as médias das folhas inferiores (Tabela 1). A partir da análise de regressão múltipla ajustou-se um modelo linear, onde o único parâmetro que mostrou significância foi para a variável FM, no entanto, a análise de regressão manteve no modelo o parâmetro para a variável FI (Tabela 2). Visto pela regressão múltipla a significância para a variável FM e tendo esta uma alta correlação com as médias de Lisimetria (Tabela 1), ajustou-se uma regressão simples, na qual foi possível estimar a transpiração das plantas a partir, apenas, de medidas de Porometria nas folhas localizadas no terço médio da planta (Tabela 2 e Figura 1). As correlações entre os valores estimados e medidos foram analisadas pelo índice d , que mostra a dispersão das médias em relação à reta 1:1. Desta forma, a estimativa da transpiração por Porometria utilizando tanto o modelo de regressão múltipla quanto o modelo de regressão simples, obtiveram bons índices d e, ainda, valores considerados baixos de RMSE e MAE, comprovando o bom ajuste dos modelos (Tabela 2 e Figura 1). Também trabalhando com Porometria na cultura do feijoeiro, PAIVA et al. (2005) observaram uma relação entre a condutância estomática e o potencial de água no solo. Sendo a condutância estomática, medida por Porometria, diretamente relacionada com a taxa transpiratória, pode-se dizer que estes autores também conseguiram estimar transpiração de plantas de feijoeiro a partir deste método. O fato das médias de transpiração nas folhas superiores não ter entrado no modelo de regressão múltipla pode ser explicado pela sua baixa correlação e significância para a análise conjunta das variáveis, mesmo sendo alta sua correlação simples com a Lisimetria. A variabilidade dos dados em função do tempo, mostrados pela variância e pelo desvio padrão, também pode ter ocasionado sua exclusão do modelo (Tabela 1). Diante disto, pode-se inferir que esta variabilidade nas médias de FS, pode ter sido ocasionada por diferenças na maturidade fisiológica das folhas, as quais, mesmo estando expandidas ainda podem estar em fase de ajuste na relação fonte-dreno. Em plantas de aceroleira, a transpiração medida por Porometria mostrou coeficientes de

correlação negativos e significativos em relação ao potencial de água nas folhas, devido a um déficit de água no solo (MANSUR et al., 2001), o que corrobora com outros autores (e.g. SCHURR et al., 1992; BERGONCI et al., 2000). Desta forma, estes autores também concluíram que a Porometria pode ser utilizada para medir transpiração apesar de suas limitações quanto à calibração, aferição e conhecimentos operacionais e funcionais do equipamento por parte do responsável técnico pelas medidas. Ainda, McDermitt (1990) conclui que para medidas de taxa transpiratória, a Porometria possui algumas limitações a serem consideradas como, por exemplo: a ocorrência de erros significativos nas leituras quando efetuadas em atmosfera com umidade relativa alta (>80% UR) e na ocorrência do rápido fechamento dos estômatos quando a folha é colocada dentro da câmara porométrica. Ainda, existe uma variação na sensibilidade do método devido a diferentes umidades na superfície das folhas (BUNCE, 1985).

Tabela 2 – Regressão múltipla para as variáveis Lisimetria, FM e FI e regressão simples para as variáveis Lisimetria e FM.

Regressão Múltipla				
	R ²	intercepto	FM*	FI
Valor	0,9492	1,0453	2,5790	1,2019
Nível de P		0,4709	0,0001	0,1375
Modelo		TL=1,0453+2,5790*FM+1,2019*FI		
Medido <i>versus</i> Estimado				
índices				
	RMSE	<i>d</i>	MAE	
	0,6135	0,9868	0,4639	
Regressão simples				
Valor	0,9244			
Modelo		TL=2,8921+2,7626*FM		
Medido <i>versus</i> Estimado				
índices				
	RMSE	<i>d</i>	MAE	
	0,7486	0,9801	0,6479	

*FM=transpiração das folhas mediais; FI=transpiração das folhas inferiores; P=probabilidade, significativa quando P<0,05; TL=transpiração por Lisimetria.



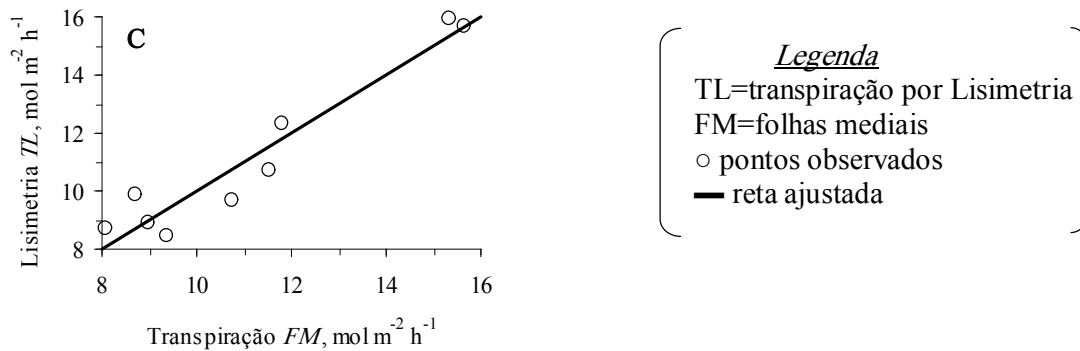


Figura 1 – Valores estimados e medidos em relação a reta 1:1, para a regressão múltipla (A) e regressão simples (C) e equação ajustada aos dados de Lisimetria e FM (B).

CONCLUSÕES: O método de Porometria pode ser utilizado para estimar a taxa transpiratória em plantas de feijoeiro a partir de medidas em folhas localizadas do terço medial das plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L.M.G.; SANTOS, A.O. Condutância foliar como um indicador de déficit hídrico em milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p.27-34, 2000.
- BUNCE, J.A. Effect of boundary layer conductance on the response of stomata to humidity. **Plant Cell & Env.**, v.8, p.55-57, 1985.
- FOX, D.G. Judging air quality model performance: a summary of the AMS workshop on dispersion models performance. **Bull. Am. Meteorol. Soc.**, v.62, p.599-609, 1981.
- HOWELL, T.A.; SCHNEIDER, A.D.; DUSEK, D.A.; MAREK, T.H.; STEINER, J.L. Calibration and scale performance of Bushland weighing lysimeters. **Transactions of the ASAE**, v.38, p.1019-1024, 1995.
- MANSUR, R. J.; NOGUEIRA, C.; MORAES, J. P. V. de; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, v.13, n.1, p.75-87, 2001.
- MARIN, F.R.; SANTIAGO, A.S.; RIGHI, E. Z; SENTELHAS, P.C.; ANGELOCCI, L. R., MAGIOTTO, S.R.; PEZZOPANE, J.R.M. Solar radiation interception and its relation with transpiration in different coffee canopy layers. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, n.1, p.1-6, 2003.
- MCDERMITT, D.K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **HortScience**, v.25, n.12, p.1538-1548, 1990.
- PAIVA, A.S; FERNANDES, E.J.; RODRIGUES, T.J.D.; TURCO, J.E.P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.161-169, 2005.
- SCHAEFFER, D.L. A model evaluation methodology applicable to environmental assessment models. **Ecol. Model.**, v.8, p.275-295, 1980.
- SCHURR, L.; GOLLAN, T.; SCHULZE, E. D. Stomatal response to drying soil relation to changes in the xylem sap concentration of *Helianthus annuus*. I. Stomatal sensitivity to abscisic acid imported from the xylem sap. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.15, n.4, p.561-7, 1992.
- WILLMOTT, C.J.; WICKS, D.E. An empirical method for the spatial interpolation of monthly precipitation within California. **Phys. Geogr.**, v.1, p.59-73, 1980.