

# MODELAGEM DA INFLUÊNCIA DE TAXAS DE TRANSPIRAÇÃO E DENSIDADE RADICULAR SOBRE A UMIDADE CRÍTICA DE DOIS SOLOS DA REGIÃO DE PIRACICABA, SP

Quirijn de JONG VAN LIER<sup>1</sup>

## RESUMO

Através de um modelo edáfico que descreve a extração de água do solo por raízes, é comprovada a ocorrência de zonas de esgotamento de água próximo às raízes, influenciando no potencial necessário nas raízes para manter uma determinada taxa de infiltração. Em função dos resultados demonstra-se que a umidade crítica de um solo é função das suas propriedades hídricas, da taxa de transpiração e da densidade radicular das plantas

## INTRODUÇÃO

Quando o solo seca, o total da água nele contida e o potencial mátrico, bem como a condutividade hidráulica, ficam cada vez menores, fazendo com que sejam necessários gradientes de potencial cada vez maiores entre solo e raiz para se manter um fluxo de água suficiente. Vários autores demonstraram que a ocorrência de uma zona de esgotamento de água próximo às raízes causa uma diminuição na condutividade hidráulica, sendo esse um fator limitante na extração da água do solo por plantas (Gardner & Ehlig, 1962; Macklon & Weatherley, 1965; Carbon, 1973; Zur et al., 1982; Hulugalle & Willatt, 1983; Hainsworth & Aylmore, 1986, 1989; Tardieu et al., 1992). O presente trabalho tem por objetivo demonstrar, através de simulações com base em um modelo que descreve a extração de água do solo por plantas, qual a importância dessa zona de esgotamento na determinação da umidade crítica e qual a influência da densidade do sistema radicular e das propriedades hidráulicas do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

As simulações foram feitas utilizando o modelo desenvolvido por Jong van Lier (1994), que relaciona o valor do potencial mátrico em qualquer ponto dentro da zona influenciada pela raiz com parâmetros referentes à planta, à atmosfera e ao solo, através da seguinte equação:

$$\Psi_x = \Psi_s + \frac{T \cdot A}{2 \cdot \pi \cdot l} \int_R^x \frac{1}{K_x \cdot (r+x)} dx$$

onde  $T$  ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) é a taxa de transpiração da planta,  $A$  ( $\text{m}^2$ ) é a área de solo que ela ocupa,  $l$  (m) é o comprimento do seu sistema radicular,  $r$  (m) é o raio das suas raízes, consideradas todas iguais,  $x$  (m) é a distância da raiz,  $\Psi_s$  é o potencial mátrico do solo na zona não influenciada pela extração de água e  $R_t$  (m) é a distância limite da área influenciada pela extração de água no instante  $t$ . Com base nessa equação integral, que não tem solução analítica devido à dependência entre  $K$  e  $\Psi$ , foram feitas simulações através de um programa computacional, utilizando como incremento para integração uma distância de 0,01 mm. Utilizaram-se dados de retenção de água e condutividade hidráulica das camadas superficiais de dois solos do município de Piracicaba, SP: um latossolo vermelho amarelo álico A moderado, textura média (LV) e um latossolo vermelho escuro álico A moderado, textura muito argilosa (LE). A relação  $\Psi(\theta)$  foi descrita utilizando a equação de Van Genuchten (1980) e a  $K(\theta)$  através da equação proposta por Reichardt & Libardi (1974):

$$K(\theta) = 8.770.10^{-4} \cdot \frac{d\Psi_m}{d\theta} \cdot f^2 \cdot e^{8.087 \cdot \frac{\theta - \theta_0}{\theta_1 - \theta_0}}$$

Os parâmetros empíricos destas equações, determinados por Jong van Lier (1994) para os dois solos, estão na Tabela 1.

<sup>1</sup> Dr., Professor Adjunto, Departamento de Solos, FA/UFRGS, Caixa Postal 776, 90001-970, Porto Alegre, RS. E-mail: qdjvlier@vortex.ufrgs.br. Bolsista do CNPq.

Tabela 1 - Parâmetros empíricos das equações de Van Genuchten (1980) e de Reichardt & Libardi (1974) para os dois solos utilizados nas simulações.

parâmetro	equação	solo	
		LV	LE
$\theta_r$ ( $m^3 \cdot m^{-3}$ )	Van Genuchten (1980)	0,004	0,115
$\theta_s$ ( $m^3 \cdot m^{-3}$ )	Van Genuchten (1980)	0,390	0,509
$\alpha$ ( $kPa^{-1}$ )	Van Genuchten (1980)	0,3170	0,4302
$m$	Van Genuchten (1980)	0,2148	0,1632
$n$	Van Genuchten (1980)	3,4779	2,8748
$f$ ( $m \cdot s^{-0,5}$ )	Reichardt & Libardi (1974)	0,004884	0,000698
$\theta_l$ ( $m^3 \cdot m^{-3}$ )	Reichardt & Libardi (1974)	0,3602	0,4863
$\theta_o$ ( $m^3 \cdot m^{-3}$ )	Reichardt & Libardi (1974)	0,0153	0,0308

As simulações foram feitas para uma planta com uma parte aérea de área  $0,01 m^2$ , uma profundidade efetiva do sistema radicular de  $0,3 m$ , para as taxas de transpiração de  $5$  e  $10 mm \cdot dia^{-1}$ , e para as distâncias médias entre raízes de  $0,1, 0,05, 0,03, 0,01$  e  $0,001 m$ . Como umidade inicial adotou-se aquela correspondente ao potencial mátrico de  $-10 kPa$

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os potenciais na raiz necessários para manter o fluxo de acordo com a taxa de transpiração, obtidos através das simulações e em função do tempo, são apresentados nas Figuras 1 e 2 para as taxas de transpiração de  $5$  e  $10 mm \cdot dia^{-1}$ , respectivamente.

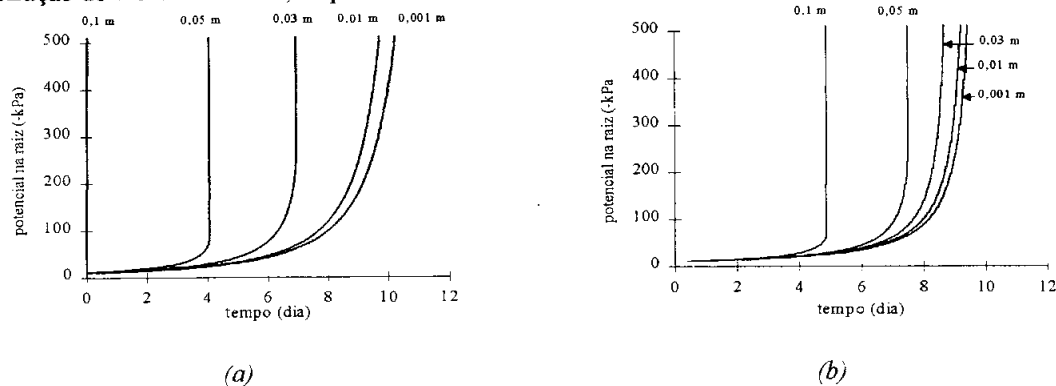


Figura 1 - Potencial na raiz necessário para manter um fluxo de água de acordo com a taxa de transpiração de  $5 mm \cdot dia^{-1}$ , nos solos LE (a) e LV (b).

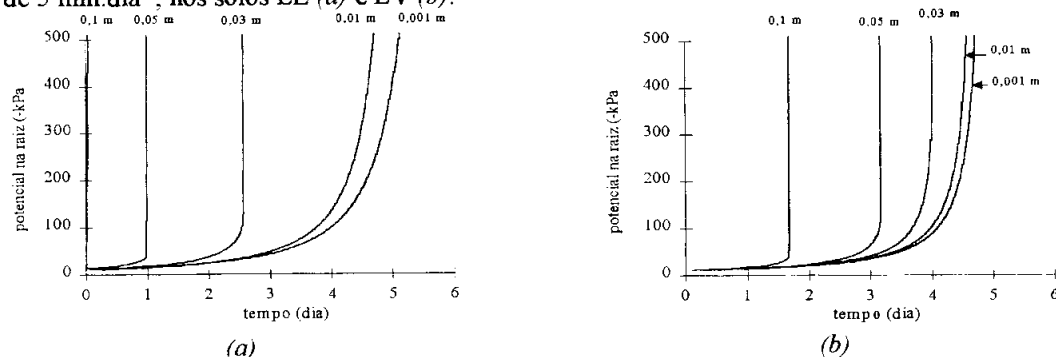


Figura 2 - Potencial na raiz necessário para manter um fluxo de água de acordo com a taxa de transpiração de  $10 mm \cdot dia^{-1}$ , nos solos LE (a) e LV (b).

Observa-se, nas Figuras 1 e 2, que, no caso de densidades radiculares menores, potenciais na superfície da raiz muito negativos seriam necessários em tempo relativamente curto. Isso se reflete também nos dados da Tabela 2, onde encontram-se os valores dos potencial mátricos médios no solo, quando o

potencial na raiz atinge o valor de -500 kPa, para todas as condições simuladas. O valor de -500 kPa aparece na literatura como o menor valor que uma planta consegue manter na superfície das suas raízes. Observa-se que, para a densidade radicular correspondente à distância de 0,001 m entre raízes, o potencial médio no solo apresentou-se igual ao na raiz, indicando a total exploração da água do solo, enquanto que, para densidades menores, o potencial médio no solo foi menor, indicando que ocorreu o fenômeno de zonas de esgotamento de água próximo às raízes. A ocorrência destas zonas é tanto mais expressiva quanto maior for a taxa de transpiração, quanto maior for a distância entre raízes e quanto menor for a condutividade hidráulica do solo.

Tabela 2 - Potencial mátrico médio (kPa) no solo com diferentes densidades radiculares, quando o potencial na raiz atinge o valor de -500 kPa, para os dois solos e duas taxas de transpiração.

Distância entre raízes (m)	LE, 5 mm.dia <sup>-1</sup>	LV, 5 mm.dia <sup>-1</sup>	LE, 10 mm.dia <sup>-1</sup>	LV, 10 mm.dia <sup>-1</sup>
0,001	-500	-500	-500	-500
0,01	-364	-455	-274	-401
0,03	-65	-188	-33	-101
0,05	-24	-72	-15	-41
0,1	-11	-25	-11	-18

## CONCLUSÕES

Em função das simulações realizadas conclui-se que ocorrem zonas de esgotamento de água próximo às raízes quando a distância entre raízes for superior a 0,001 m. Em função disso, a umidade crítica de um solo deve ser determinada em função das suas propriedades hídricas, da taxa de transpiração e da densidade radicular das plantas, o que pode ser feito com base no modelo sugerido.

## BIBLIOGRAFIA

- CARBON, B.A. Diurnal water stress in plants grown on a coarse soil. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne (Austrália), **11**: 33-42, 1973
- GARDNER, W.R. & EHLIG, C.F. Some observations on the movement of water to plant roots. *Agronomy Journal*, Madison (EUA), **54**: 453-6, 1962
- HAINSWORTH, J.M. & AYLMORE, L.A.G. Water extraction by single plant roots. *Soil Science Society of America Journal*, Madison (EUA), **50**: 841-8, 1986
- HAINSWORTH, J.M. & AYLMORE, L.A.G. Non-uniform soil water extraction by plant roots. *Plant and Soil*, Haia (Holanda), **113**: 121-4, 1989
- HULUGALLE, N.R. & WILLATT, S.T. The role of soil resistance in determining water uptake by plant root systems. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne (Austrália), **21**:571-4, 1983
- JONG VAN LIER, Q. de Extração da água do solo por plantas: desenvolvimento e validação de um modelo. Piracicaba (SP), 96p. (Tese de Doutorado, USP/ESALQ), 1994
- MACKLON, A.E.S. & WEATHERLEY, P.E. Controlled environment studies of the nature and origins of water deficits in plants. *New Phytologist*, Cambridge (Grã-Bretanha), **64**: 414-27, 1965
- REICHARDT, K. & LIBARDI, P.L. A new equation to estimate soil-water diffusivity. *Isotope and Radiation Techniques in Soil Physics and Irrigation Studies 1973*, Viena, Áustria (International Atomic Energy Agency), 45-51, 1974
- TARDIEU, F.; BRUCKLER, L.; LAFOLIE, F. Root clumping may affect the root water potential and the resistance to soil-root water transport. *Plant and Soil*, Haia (Holanda), **140**: 291-301, 1992
- VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, **44**: 892-7, 1980
- ZUR, B.; JONES, J.W.; BOOTE, K.J.; HAMMOND, L.C. Total resistance to water flow in field soybeans: II. Limiting soil moisture. *Agronomy Journal*, Madison (EUA), **74**: 99-105, 1982