



5  
804L

2114

## RELAÇÕES ENTRE METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE RAÍZES E DA DENSIDADE DO SOLO.

Lorival Fante Júnior<sup>1</sup>, Klaus Reichardt<sup>2</sup>, José Ademir Rodrigues<sup>2</sup>, Lucio André de Castro Jorge<sup>3</sup>, Luis Henrique Bassoi<sup>4</sup>, Julio Cesar Martins de Oliveira<sup>5</sup>, Silvio Crestana<sup>3</sup>, Osny Oliveira Santos Bacchi<sup>2</sup>, Rodolfo Godoy<sup>6</sup>, João Eduardo Pilotto<sup>2</sup>; (1)CENA/USP, seção de Física de Solos, caixa postal 96, 13400-970, Piracicaba (SP,Brasil), bolsista da FAPESP; (2)CENA/USP, seção de Física de Solos, caixa postal 96, 13400-970, Piracicaba (SP,Brasil), bolsista CNPq; (3)EMBRAPA/CNPDI, caixa postal 741, 13560-970, São Carlos (SP,Brasil); (4)EMBRAPA/CPATSA, caixa postal 23, 56300-000, Petrolina (PE,Brasil); (5) UEL, Departamento de Física, caixa postal 6001, 86051-970, Londrina (PR,Brasil), bolsista do CNPq; (6)EMBRAPA/CPPE, Fazenda Canchim, São Carlos (SP,Brasil), bolsista do CNPq.

Palavras Chave : Raiz, Processamento de Imagens, Interface Solo-Raiz.

Realizou-se um estudo crítico de diversas metodologias de avaliação de sistemas radiculares, sendo apresentado neste trabalho uma das etapas deste estudo, onde a parte experimental de campo foi realizada em terras pertencentes à EMBRAPA/CPPE, Fazenda Canchim, em São Carlos - SP, com cultura de aveia forrageira, variedade São Carlos, cultivada em latossolo vermelho-amarelo, em duas parcelas sob dois tratamentos distintos de níveis de água no solo: **tratamento 1** - manutenção de no mínimo 50 % da AD (água disponível no solo) e **tratamento 2** - manutenção de no mínimo 80 % da AD (Bacchi et. al., 1995). A amostragem do sistema radicular foi feita na fase final do ciclo de crescimento da cultura (outubro/1994) e foram utilizados dois métodos diferentes, ou seja, o do anel volumétrico (Bohm, 1979) e o método auxiliado por processamento de imagens digitais, desenvolvido por Crestana et. al., 1994.

**I) Processamento de Imagens:** Num perfil do solo de 100 cm de largura por 50 cm de profundidade, foram tomadas imagens, via filmadora de vídeo comum, em regiões de 10 x 10 cm, totalizando 10 imagens por camada de 10 cm. O perfil em questão foi moldado paralelo à linha da cultura e a uma distância de aproximadamente 1 cm desta, sendo lavado com jato d'água de tal forma a remover uma fina camada de solo (em torno de 3 mm de espessura), para uma melhor exposição das raízes. As imagens obtidas foram posteriormente digitalizadas e processadas no Laboratório de Imagens da EMBRAPA/CNPDI de São Carlos - SP. Utilizou-se uma placa digitalizadora de resolução espacial de 512 x 512 pixels e 256 tons de cinza por pixel e o processamento constituiu-se da seleção dos tons de cinza correspondentes às raízes, nas regiões de interesse de 10 x 10 cm. Cada imagem foi dividida em pequenas regiões, ou quadrículos, de 0,5 x 0,5 cm e a contabilização foi efetuada com base na presença ou ausência dos tons de cinza selecionados nos referidos quadrículos (Crestana et. al., 1994). A quantificação do sistema radicular foi obtida pela razão entre o número de quadrículos com presença de raiz e o número total de quadrículos existentes na região de 10 x 10 cm (total de 400), grandeza esta denominada de Densidade Radicular por Presença de Raiz (DRPR), sendo: -  $DRPR_i = (\text{número de quadrículos com presença de raiz} / 400)$ , para cada região de 10 x 10 cm; -  $DRPR_c = (\sum DRPR_i / N)$ , para cada camada de 10 cm, onde  $N = 10$  (número de amostras obtidas por camada); -  $DRPR_m = DRPR_c$ , valor médio por camada de 10 cm.

Dr. Fante

**II) Anel Volumétrico:** Após a filmagem foi retirado, por região de 10 x 10 cm, um anel de volume em torno de 50 cm<sup>3</sup> (diâmetro  $\cong$  4,6 cm e altura  $\cong$  3,0 cm), totalizando 10 amostras por camada. Cada anel foi cravado no perfil do solo e no centro da respectiva região. As amostras foram moldadas segundo o volume do anel e em seguida levadas em estufa a 105° C por 48 horas, para a determinação de sua massa seca. Posteriormente, as raízes foram separadas dispersando-se as amostras em água com agitação manual e lavando-as em peneira de 0,2 mm. As raízes foram, então, levadas em estufa a 60° C por 24 horas, determinando-se a massa seca radicular. A quantificação das raízes foi determinada pela razão entre massa seca radicular e o volume amostrado, a qual foi denominada de Densidade Radicular por Volume (DRV), sendo: -  $DRV_i = (\text{massa seca radicular} / \text{volume do anel})$ , para cada região de 10 x 10 cm; -  $DRV_c = (\text{massa seca radicular total retirada por camada} / \text{volume total amostrado por camada})$ , para cada camada de 10 cm; -  $DRV_m = (\sum DRV_i / N)$ , valor médio por camada de 10 cm, com  $N = 10$ . Com a aplicação do método do anel volumétrico, foi possível determinar também os valores de densidade do solo (Kiehl, 1979), para cada região de 10 x 10 cm e, utilizando-se do valor médio, para cada camada do solo.

Os erros associados aos valores de densidade radicular e do solo foram determinados utilizando-se (Helene & Vanin, 1981): - do desvio padrão da média para os valores médios calculados ( $\sigma_1$ ); - da teoria de propagação de erros para os valores totais obtidos por camada, para o volume do anel (erros nas medidas do diâmetro e da altura = 0,1 cm) e para os valores encontrados para cada região de 10 x 10 cm ( $\sigma_2$ ), considerando o erro na massa seca radicular, devido ao processo de separação das raízes, igual ao menor valor obtido (0,006 gramas) e o erro no número de quadrículos com presença de raiz, devido ao processamento das imagens, em torno de 10 %.

Os valores médios, bem como os respectivos erros e coeficientes de variação (CV), encontrados para as densidades do solo e radicular, em função da camada amostrada, são apresentados nas tabelas 1 e 2. Observa-se da tabela 1 que a parcela sob tratamento 2 apresenta-se, no geral, relativamente mais compactada e que, para os dois tratamentos, os valores de densidade do solo indicam uma camada de maior compactação entre 10 a 30 cm. Pode-se observar também que o efeito da variabilidade espacial, caracterizado por CV, é satisfatoriamente baixo, sugerindo que a camada do solo considerada apresenta-se bem homogênea quanto às suas características físicas. Com relação a distribuição do sistema radicular em função da camada do solo (tabela 2), ambos os métodos proporcionaram resultados semelhantes, através de relações diretamente proporcionais como mostrado na figura 1. Verifica-se ainda, que apesar dos tratamentos serem diferentes em termos da água disponível no solo, no geral, praticamente não houve diferenças marcantes na quantificação das raízes, onde aproximadamente 90 % do sistema radicular se desenvolveu nas duas primeiras camadas e que, para a camada de 0-10 cm, ocorreu maior concentração de raiz para o tratamento 1 e para a camada de 10-20 cm, o inverso. Os altos valores de CV obtidos para a densidade radicular média por camada que, ao contrário do observado para a densidade do solo, sugerem considerável discrepância local (região de 10 x 10 cm), caracterizando relevante variabilidade espacial. Fazendo-se uma correlação entre densidade radicular e densidade do solo, para os dois tratamentos e para as camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, obtiveram-se os resultados mostrados na figura 2, cujas linhas de tendência foram considerados lineares, mostrando satisfatórios ajustes, principalmente para o método do

anel, indicando uma diminuição da concentração de raízes em função do aumento da densidade do solo.

Tabela 1 - Densidade do solo e os respectivos erros e coeficientes de variação, em função da camada do solo e para os dois tratamentos.

tratamento	camada (cm)				
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
valores de densidade do solo $\pm \sigma_1$ , $\times 10^3$ , Kg de solo / $m^3$ de solo					
1	1,21 $\pm$ 0,06	1,47 $\pm$ 0,03	1,36 $\pm$ 0,02	1,24 $\pm$ 0,04	1,18 $\pm$ 0,02
2	1,37 $\pm$ 0,08	1,49 $\pm$ 0,05	1,33 $\pm$ 0,06	1,29 $\pm$ 0,06	1,20 $\pm$ 0,05
valores dos coeficientes de variação (CV), %					
1	5,0	2,0	1,5	3,2	1,7
2	5,8	3,4	4,5	4,7	4,2

Tabela 2 - Resultados encontrados para a quantificação do sistema radicular da aveia forrageira, através da aplicação dos diferentes métodos considerados, em função da camada do solo e para os dois tratamentos.

tratamento	método	camada (cm)				
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
valores de DRPRm $\pm \sigma_1$						
1	I	0,36 $\pm$ 0,15	0,07 $\pm$ 0,07	0,03 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,03	0,04 $\pm$ 0,01
2	I	0,34 $\pm$ 0,16	0,15 $\pm$ 0,15	0,03 $\pm$ 0,02	0,04 $\pm$ 0,03	0,03 $\pm$ 0,01
valores de DRVm $\pm \sigma_1$ , Kg de raiz / $m^3$ de solo						
1	II	3,753 $\pm$ 1,010	0,464 $\pm$ 0,596	0,144 $\pm$ 0,070	0,192 $\pm$ 0,054	0,129 $\pm$ 0,054
2	II	2,535 $\pm$ 1,084	0,730 $\pm$ 0,493	0,119 $\pm$ 0,064	0,103 $\pm$ 0,058	0,130 $\pm$ 0,111
valores dos coeficientes de variação (CV), %						
1	I	41,7	100,0	33,3	75,0	25,0
	II	26,9	128,4	48,6	28,1	41,9
2	I	47,1	100,0	66,7	75,0	33,3
	II	42,8	67,5	53,8	56,3	85,4

Por outro lado, resultados e correlações semelhantes mencionados, não foram verificados quando a análise é feita para as regiões de 10 x 10 cm. A figura 3 apresenta comportamentos diferentes com tendências não lineares, sugerindo dispersões ao acaso entre densidade radicular e densidade do solo e entre densidades radiculares obtidas pelos dois métodos considerados. Tal fato parece estar relacionado aos altos valores de CV obtidos para a densidade radicular média por camada. Existe o indicativo de que a distribuição do sistema radicular se manifestou dentro de um contexto local, contudo praticamente aleatória às características físicas do solo, efeito este que foi mascarado quanto da análise em função da camada do solo.

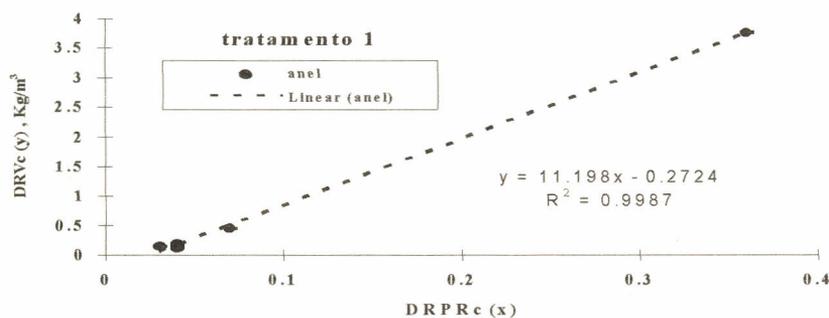


Figura 1 - Correlação entre os valores de densidade radicular total por camada obtidos pela aplicação dos dois métodos em questão, para o tratamento 1. Erros associados:  $\sigma_2$

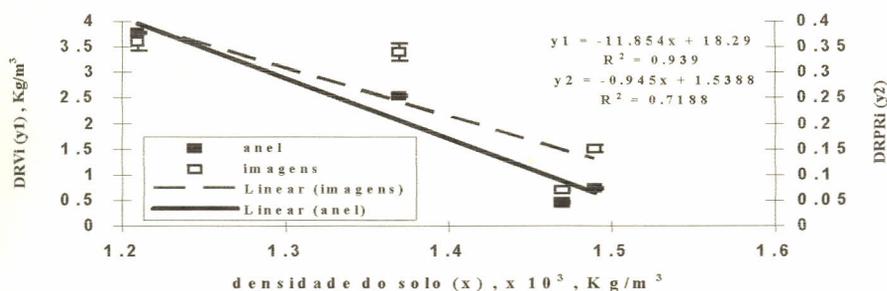


Figura 2 - Densidade radicular total por camada em função da densidade média do solo, para os dois métodos aplicados. Valores referentes aos dois tratamentos e às camadas 0-10 cm e 10-20 cm. Erros associados:  $\sigma_2$ .

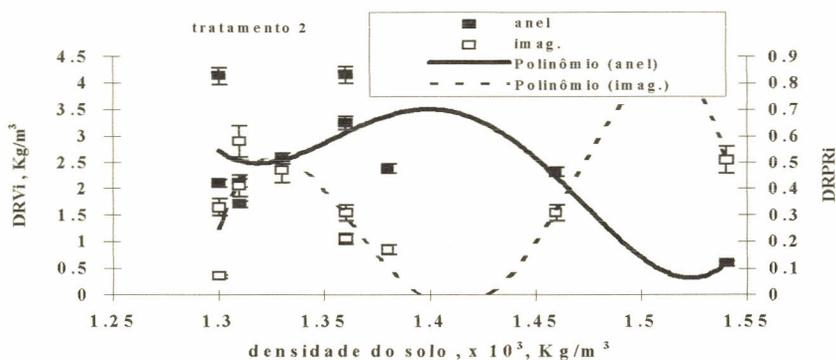


Figura 3 - Densidade radicular em função da densidade do solo, correspondente às regiões de 10 x 10 cm e a camada de 0-10 cm, para o tratamento 2 e para os dois métodos aplicados. Erros associados:  $\sigma_2$ .

### Literatura Citada

- BACCHI, O.O.S.; GODOY, R.; REICHARDT, K. & SILVA, A.M. Demanda hídrica da cultivar São Carlos de aveia forrageira: I - Monitoramento de condições hídricas do solo. XV REUNIÃO DA COMISSÃO SULBRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. Entre Rios, Guarapuava, 1995. Anais. Entre Rios, Guarapuava - PR, Comissão Sulbrasileira de Pesquisa de Aveia, 1995. p.322-324. 1995.
- BOHM, W. Methods of studying root systems. New York, Springer-Verlag, 1979. 194p.
- CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RALISCH, R.; TOZZI, C.L.; TORRE A. & VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 18(3):365-371, 1994.
- HELENE, O.A.M.H. & VANIN, V.R. Tratamento estatístico de dados em física experimental, São Paulo, 105p., 1981.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia relações solo-planta. São Paulo, Agronômica Ceres, 246p., 1979.