

Avaliação da morfologia dos sistemas radicais de plantas de regeneração do sobreiro através de imagem digital

Evaluation of root systems morphology in young cork oak trees using digital image analysis

P. Surov¹, F. Brasil¹, N. A. Ribeiro¹ & M. R. G. Oliveira¹

RESUMO

O presente trabalho tem como objectivo comparar padrões de enraizamento, ou seja, a morfologia do sistema radical de árvores regeneradas por sementeira com árvores plantadas. A evolução dos sistemas radicais pode ter influência no crescimento de longo prazo e daí a importância de o monitorizar. Os dados foram recolhidos num povoamento instalado em 1997. A metodologia seguida para avaliar a morfologia do sistema radical foi através de imagem digital. A morfologia do sistema radical e a distribuição das raízes nos vários horizontes do perfil do solo foi avaliada em oito trincheiras (4 árvores plantadas + 4 árvores semeadas). Os resultados mostram diferenças significativas, sendo a área do sistema radical das árvores plantadas maior do que a das semeadas, não se tendo encontrado diferenças significativas no padrão de enraizamento entre árvores plantadas e semeadas.

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare rooting patterns, namely root systems mor-

phology of trees planted from seedlings with root systems morphology of seeded trees. The evolution of root systems can influence growth in future therefore it is important to monitor it. Data was collected in a stand installed in 1997. The evaluation of the root morphology was done using digital image analysis. Root system morphology and distribution of roots in different horizons was evaluated in eight trenches (4 trees planted + 4 trees seeded). The results show significant differences showing planted trees larger root area than seeded trees. It wasn't found significant differences in the root system shape between planted and seeded trees.

INTRODUÇÃO

Os montados são sistemas de produção que têm como componentes principais as árvores, estando a sustentabilidade destes sistemas muito ligada à gestão do coberto arbóreo. Além de produção de bens directos como a cortiça e frutos, os sobreiros têm como funções ecológicas a redução da velocidade do vento, intercepção e redistribuição da precipitação, intercepção da radiação solar e exploração das camadas mais pro-

¹ Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554, Évora; e-mail: psurovy@uevora.pt

fundas do solo. Estas funções traduzem-se numa mais eficiente protecção do solo, infiltração da água, circulação de nutrientes e criação de sombra.

A regeneração dos sobreiros (natural ou artificial) tem um papel fundamental na manutenção de um coberto arbóreo constante, sendo um dos actos de gestão mais importantes para a sustentabilidade deste sistema de produção. O sucesso da regeneração natural e artificial tem sido reduzido devido a condicionantes de ordem edafoclimática, em combinação com as opções de ocupação do sub-coberto (pastorícia, culturas forrageiras) tendo-se recorrido nas últimas décadas ao uso alargado da regeneração através de plantação, em substituição da sementeira. Contudo, o estabelecimento das plantas de sobreiro depende do desenvolvimento do sistema radical à semelhança do que foi observado em relação ao *Eucalyptus globulus* (Sasse *et al.*, 1997) e ao *Juniperus occidentalis* (Kramer *et al.*, 1996) onde se mostrou a importância da morfologia e volume de expansão do sistema radical na sobrevivência e crescimento das árvores.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado num ensaio instalado na Herdade da Mitra, Évora, com o objectivo de testar o crescimento de sobreiros (*Quercus suber* L.) instalados por sementeira vs plantação (Ribeiro *et al.*, 2003). Utilizaram-se para o presente estudo árvores em duas modalidades: (1) árvores semeadas com 7 anos; e (2) árvores plantadas com 8 anos. As árvores foram seleccionadas aleatoriamente dentro da mesma classe de diâmetro (a 10 cm do solo) e de altura total para cada uma das modalidades.

Para o estudo foram abertas quatro trincheiras, junto a árvores escolhidas aleatoriamente (4 árvores de plantação e 4 árvores

de sementeira). Em seguida e utilizando a metodologia de van Noordwijk *et al.* (2000), as paredes foram ajustadas a 15 cm de distância do tronco de cada árvore. A zona de estudo foi definida, tendo a área de 100 cm de largura e 90 cm de profundidade. Após uma lavagem preliminar à parede, tendo-se retirado aproximadamente 2,5 cm de solo, a mesma foi pulverizada com tinta. Depois de secar, a parede foi submetida a nova lavagem e retirados mais 2,5 cm de solo. Nesta altura foi tirada a primeira fotografia da parede da trincheira, para avaliação da distribuição das raízes finas, resultados não apresentados neste trabalho. De seguida, a parede foi lavada até se destacar a raiz principal, a qual foi pintada, com procedimento semelhante ao anterior. Após nova lavagem da parede, foi tirada a segunda fotografia.

As imagens foram gravadas no formato .bmp (logo na máquina fotográfica) para evitar a possível perda de informação, causada pelo uso da compressão. As raízes foram pintadas com cor azul por se ter concluído que, tendo em conta o sistema de cores em computador mais comum, o sistema RGB, esta cor era mais fácil de delinear automaticamente, usando a limiarização “thresholding” seguindo González (1995). Todas as imagens foram recalculadas, usando a técnica mencionada, para serem binárias, ou seja, para serem apenas constituídas por pixéis pretos e brancos. A seguir foi calculada a área dos pixéis pretos, que corresponde à área seccional da raiz.

As imagens binárias foram tratadas com filtro espacial de Gauss para visualizar as zonas de densidade de raízes. Cada pixel dentro da imagem foi recalculado seguindo a fórmula de Gauss em espaço 2D (González 1995):

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Antes de aplicar o filtro foi necessário definir dois parâmetros: o valor de sigma (σ) e o tamanho do kernel usado para o cálculo. O sigma deve ser definido avaliando a zona de impacto, ou seja, a zona de influência de kernel, tendo sido definido neste estudo o valor de 600. O sigma representa a distribuição das raízes estimada dentro da área de kernel. A um maior valor de sigma corresponde uma maior distribuição nas zonas marginais de kernel. Por outras palavras, um maior valor de sigma leva a uma mais escarpada forma de Gauss.

O tamanho de kernel depende, em parte, da forma de Gauss que se pretende usar, podendo-se usar o kernel inteiro ou só a parte central. Por outro lado, este tamanho depende do tamanho esperado para a zona de raiz. Neste estudo foi usado o tamanho de kernel de 250 pixéis, que corresponde aproximadamente ao valor de 25 cm. Este valor foi estimado empiricamente como o valor mais ajustado. O resultado do cálculo reflecte as características de Gauss, ou seja, quanto mais pixéis e mais perto do pixel calculado, mais escuro este vai ficar. O cálculo pode ser feito através dum software de tratamento das imagens que possua esta opção (Adobe Photoshop) ou usando programação. É preciso considerar que o algoritmo passa em cada pixel e em cada pixel

analisa os 250x250 pixéis vizinhos, o que implica um tempo de cálculo, sem usar optimização (diminuir precisão) de aproximadamente uma hora (processador Pentium 4, 2.66 GHz).

Utilizou-se o método de comparação de médias para amostras independentes do software SPSS 12.0. Este método compara médias de dois grupos, usando o teste T. É possível estudar a semelhança das variâncias dos dois grupos (Levene's test for equality of variances) e também a significância das diferenças entre as médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens das árvores plantadas são apresentadas na Figura 1, em cima. As imagens mostram uma área radical maior, sendo as raízes mais grossas e mais desenvolvidas porque foram plantadas depois de um ano no viveiro. Na Figura 1, em baixo, pode-se observar a forma de ocupação do perfil pelas raízes das árvores plantadas, depois da imagem ser tratada pelo filtro de Gauss, não existindo um padrão similar para todas as amostras.

As imagens das árvores semeadas (Figura 2 em cima) mostram uma área de raízes

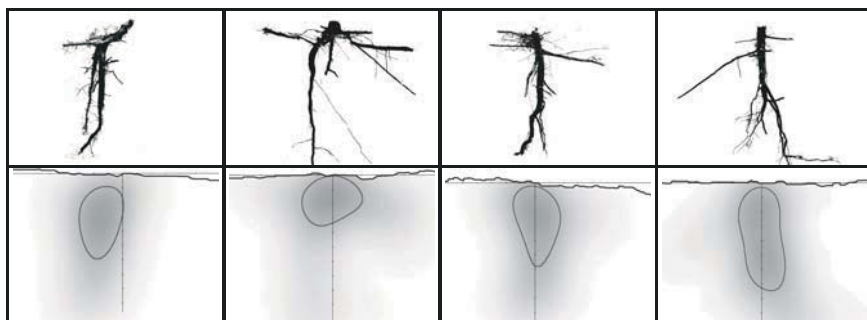


Figura 1 - Imagens das raízes das árvores plantadas em quatro trincheiras (em cima), imagens de ocupação de perfil (em baixo)

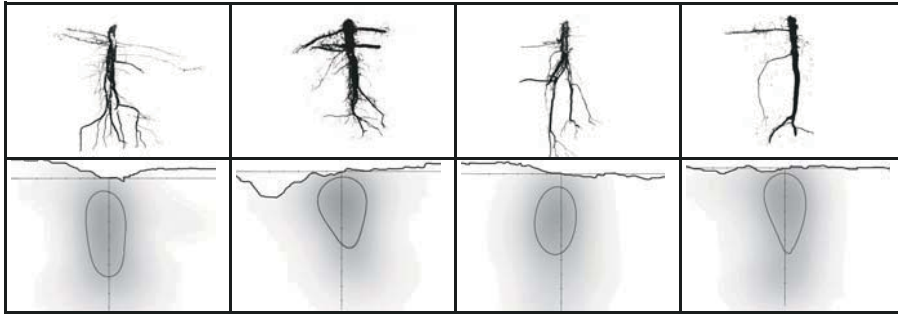


Figura 2 - Imagens das raízes das árvores semeadas em quatro trincheiras (em cima), imagens de ocupação de perfil (em baixo)

mais pequena. As raízes são também mais finas e menos desenvolvidas. Na Figura 2, em baixo, apresentam-se as imagens de ocupação do perfil pelas raízes das árvores semeadas, após terem sido tratadas pelo filtro de Gauss, não sendo igualmente visível um padrão similar. No entanto, pode-se identificar uma certa semelhança entre a 4ª imagem da Figura 1 em baixo e a 1ª imagem da Figura 2 em baixo. A maioria das outras imagens possui uma forma cuja largura diminui em profundidade.

Na Figura 3 pode-se observar a comparação das áreas radicais das árvores plantadas e das árvores semeadas (valores médios) e respectivos desvios-padrão. A diferença entre as médias é 265,79 cm². Para avaliar a

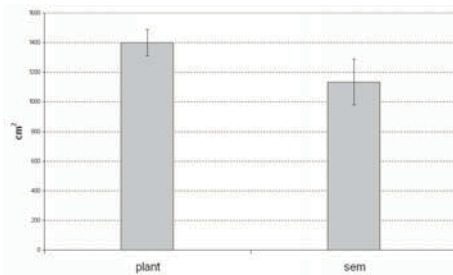


Figura 3 - Comparação das áreas das árvores plantadas (esquerda) e semeadas (direita)

significância desta diferença foi executado o teste estatístico dos pares, utilizando o software SPSS 12.0 (Quadro 1).

Se o valor de significância for inferior a 0,05, a diferença média é considerada significativa, com intervalo de confiança de 95%. Neste caso o valor de 0,024 permite-nos concluir que existe uma diferença, no entanto, a proximidade do valor limite indica que a sua significância é pequena.

A diferença entre o tamanho da área seccional das árvores plantadas e das árvores semeadas, apresentada na Figura 3, pode ser em parte explicada pela diferença de idade das mesmas, uma vez que as árvores plantadas antes de serem instaladas no campo estiveram um ano no viveiro. No entanto, a pouca significância desta diferença permite considerar a hipótese de esta vir a desaparecer com o tempo. Será importante a verificação deste facto no futuro (em 5 anos). O impacto de outros factores que potencialmente poderão influenciar o tamanho de raiz (disponibilidade de água e condições edáficas, em geral) deverá ser eliminado pela escolha das plantas (plantas mais próximas) e estabelecimento do ensaio em geral, com vista a uma maior uniformidade em termos micro-estacionais.

QUADRO 1 - Avaliação de diferença nas áreas radicais, resultados de teste estatístico usado método "compare means" no SPSS

Levene's test *		t-test for equality of means					
F	Sig.	t	df	Sig. (2 tailed)	Mean dif.	Std. error dif.	
5.567	0.056	3.004	6	0.024	265.79	88.49	

*Levene's test for Equality of Variances

Em relação à forma de ocupação do perfil das raízes, a semelhança observada entre a 1ª imagem 1 da Figura 5 e a 4ª imagem da Figura 4 é provavelmente causada pelas características idênticas do perfil do solo. Em ambos os casos existia um horizonte do solo com características específicas onde a raiz principal se ramificava. Visualmente, este horizonte embora sendo parecido com os horizontes das outras trincheiras, duro, compacto e com alto teor de argila, demonstrava ser mais frágil.

Permanece a questão de esta característica se dever a um factor externo (condições hídricas, por exemplo) ou à própria actividade das raízes.

Sasse *et al.* (1997) provaram que as árvores semeadas e as provenientes de estacas de eucaliptos mostravam notáveis diferenças na morfologia dos sistemas radicais. No entanto, para além do facto de este estudo ter sido realizado apenas 3 semanas após o estabelecimento das plantas, as estacas têm características diferentes das de árvores plantadas, do sobreiro neste caso.

As restantes imagens que aparentam visualmente a forma de coração são indicadores de que a raiz cresce aleatoriamente em todas as direcções, como foi demonstrado em outros estudos (Fitter, 1985).

CONCLUSÕES

Pela forma de distribuição das raízes no perfil, estudada através de tratamento de imagem pelo filtro Gauss pode-se concluir que a forma do sistema radical não é princi-

palmente determinada pelo factor semeado ou plantado, verificando-se sim uma maior influência das próprias características do solo.

Observou-se uma tendência, não significativa, para uma maior área seccional das raízes das árvores plantadas em comparação com as árvores semeadas que necessita de um estudo mais detalhado independente do factor idade.

O método testado mostrou-se adequado para o estudo da distribuição das raízes no perfil especialmente pela combinação de técnicas de qualificação/quantificação laboratoriais com a análise de imagem.

A comparação dos resultados deste estudo com outros estudos semelhantes é dificultada pela escassez de estudos sobre a morfologia do sistema radical em árvores, principalmente em sobreiro, ou pelo facto de terem diferentes objectivos (efeito de morfologia em mortalidade de quercus, Thompson *et al.* 1995).

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com apoio dos projectos AGROREG e POCTI 2190

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fitter, A.H. 1985. Functional significance of root morphology and root system architecture. In Fitter, A.H. (ed) *Ecological Interactions in Soil*, pp. 87-106. Oxford: Blackwell.

- Gonzales, R.C. & Woods, R.E. 1995. *Digital Image Processing*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 716 pp.
- van Noordwijk, M., Brouwer, G., Meijboom, F., Oliveira, M. do Rosário G. & Bengough, A.G. 2000. Trench profile techniques and core break methods. In A.L. Smit et al. (ed) *Root Methods: A Handbook*, p.211-233. Springer-Verlag Heidelberg
- Krämer, S., Miller, P.M. & Eddleman, L. E. 1996. Root system morphology and development of seedlings and juvenile *Juniperus occidentalis*. *Forest Ecology and Management*, **86**: 229-240.
- Ribeiro, N.A., Gonçalves, A.C., Dias, S.S., Afonso, T. & Ferreira, A. G. 2003. Multilevel monitoring systems for cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. In Corona, P., Köhl, M.; Marchetti, M. (ed) *Advances in Forest Inventory for Sustainable Forest Management and Biodiversity Monitoring*, 395-404 pp. Kluwer Academic Publishers. Netherlands,
- Sasse, J. & Sands, R. 1997. Configuration and development of root systems of cutting and seedlings of *Eucalyptus globulus*. *New Forests*, **14**: 85-105.
- Thompson, J. R. & Schultz, R. C. 1995. Root system morphology of *Quercus rubra* L. planting stock and 3-year field performance in Iowa. *New Forests*, **9**: 225-236.