

Distribuição e Desenvolvimento do Sistema Radicular em Povoamentos Jovens de *Castanea sativa* e *Pseudotsuga menziesii*

F. Fonseca¹, A. Martins², C. Nogueira^{1*}, T. de Figueiredo¹ e A. Guerra¹

¹Escola Superior Agrária de Bragança, Apartado 1172, 5301-855 BRAGANÇA

²Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013,5001-911 VILA REAL

Resumo. O presente trabalho tem por objectivo estudar os efeitos de diferentes técnicas de preparação do terreno na distribuição e desenvolvimento do sistema radicular de plantas de *Castanea sativa* (CS) e *Pseudotsuga menziesii* (PM). O campo experimental foi instalado em Lamas de Podence, concelho de Macedo de Cavaleiros, a 700 m de altitude, com temperatura média anual de 12°C e precipitação média anual de 800 mm, com uma distribuição sazonal tipicamente mediterrânea (INMG, 1991). O delineamento experimental incluiu 3 blocos, com diferentes situações topográficas (planalto, encosta de declive acentuado, encosta de declive moderado), onde foram distribuídos aleatoriamente os tratamentos (diferentes graus de intensidade de mobilização do solo) em parcelas com uma área de 375 m² cada.

Os resultados apresentados referem-se a observações realizadas em plantas com 26 meses de idade e revelam algumas tendências de acordo com a espécie e o tratamento. Quando comparados com PM os sistemas radiculares da espécie CS são mais profundos, mais uniformemente distribuídos em profundidade e com maior volume de solo explorado, o que é mais evidente no tratamento de mobilização intensiva (RCLC). Na espécie CS a biomassa radicular distribui-se de forma regular pelas várias classes de diâmetro e profundidade consideradas, sendo em PM nitidamente superior a classe de raízes finas.

Introdução

A distribuição das raízes no solo resulta de uma série de processos complexos e dinâmicos, que incluem as interações entre o ambiente, o solo e as plantas em pleno crescimento (Pritchett & Fisher, 1987; Jourdan e Rey, 1997; Gonçalves & Benedetti, 2000). A maioria dos estudos do sistema radicular de espécies florestais, são realizados em condições de déficit hídrico, pelo que a maior preocupação concentra-se no desenvolvimento das raízes em profundidade. O conhecimento da arquitectura radicular de espécies florestais pode permitir a recomendação das espécies mais adaptadas às características de cada estação, conduzindo a uma melhor utilização do recurso solo (Pritchett & Fisher, 1987; Magalhães & Blum, 2000; Lecompte *tal.*, 2001) e, em consequência limitar os riscos de mortalidade, pragas e doenças (Curt *tal.*, 2001).

A absorção de água e nutrientes pela planta, depende principalmente do arranjo espacial das raízes (Lecompte *tal.*, 2001) e, neste contexto, o crescimento radicular lateral pode compensar as perdas de crescimento em profundidade (Misra, 1997). Frequentemente, as raízes de diferentes espécies ou da mesma espécie florestal, sobrepõem-se ocupando os mesmos horizontes orgânicos ou minerais no perfil do solo. Contudo, também é frequente a ocorrência de vários patamares da posição vertical e horizontal das raízes o que pode permitir uma separação da exploração de recursos e, deste modo, reduzir a competição e aumentar a produtividade (Bennett *tal.*, 2002).

Com o presente trabalho, pretende-se estudar os efeitos de diferentes técnicas de preparação do terreno para instalação de povoamentos florestais, no desenvolvimento e distribuição do sistema radicular de plantas de *Castanea sativa* (CS) e *Pseudotsuga menziesii* (PM).

Material e Métodos

Um campo experimental foi instalado entre Novembro de 2001 e Março de 2002 em Lamas de Podence, concelho de Macedo de Cavaleiros, com as coordenadas geográficas 41°35'N e 6°57'W, situado entre os 660 e os 701 m de altitude. A temperatura média anual é de 12°C e a precipitação média anual de 800 mm, com uma distribuição sazonal tipicamente mediterrânea (INMG, 1991). O relevo varia de ondulado suave a ondulado, e os solos originais integram-se na associação de unidades Leptosolos dístricos órticos de xistos e Cambissolos dístricos crómicos de xistos (Agroconsultores & Coba, 1991). O ensaio engloba três blocos, em áreas contíguas, mas com litologia e topografia diferentes. O bloco I situa-se na parte mais elevada da parcela, numa área sedimentar, aplanada, de relevo residual, com declive de 6% e os blocos II e III em zonas de encosta com declives de 22% e 12%, respectivamente, com exposição e litologia idênticas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado dentro de cada bloco, totalizando 3 repetições (blocos) e 8 modalidades de preparação do terreno (tratamentos), que abrangem vários graus de mobilização e armação do terreno, com diferentes intensidades: (1) sem mobilização (testemunha) (TSMO); (2) plantação à cova, com broca rotativa (SMPC); (3) ripagem contínua, seguida de lavoura localizada com riper equipado com aivequilhos (RCAV); (4) sem ripagem e armação do terreno em vala e câmorro (SRVC); (5) ripagem localizada e armação do terreno em vala e câmorro (RLVC); (6) ripagem contínua e armação do terreno em vala e câmorro (RCVC); (7) ripagem contínua seguida de lavoura contínua (RCLC) (8) ripagem contínua seguida de lavoura contínua, segundo o maior declive (testemunha de erosão) (TERO). As parcelas apresentam dimensões de 25 × 15 m, perfazendo uma área experimental de cerca de 0,9 hectares. As espécies utilizadas foram a *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Castanea sativa* (CS), num compasso de 4 × 2 m, em linhas alternadas, num total de quatro linhas (duas de PM e duas de CS), com 12 plantas cada (24 PM e 24 CS), por parcela.

O estudo dos sistemas radiculares das espécies PM e CS, constitui parte de um extenso programa de investigação sobre os efeitos das técnicas de preparação do terreno referidas, nas relações solo-planta. Para obter informação acerca do desenvolvimento e distribuição dos sistemas radiculares foram realizadas observações aos 14 e 26 meses de idade, sem e com destruição das plantas, respectivamente. Aos 14 meses foram observadas 4 plantas por tratamento e bloco, duas de CS e duas de PM, em quatro tratamentos (SRVC, RLVC, RCVC, e RCLC), num total de 48 plantas observadas (24 CS e 24 PM), aleatoriamente seleccionadas, com a restrição de não existirem falhas à volta da árvore a observar. Para esse efeito, foram feitos dois cortes no terreno junto às árvores, um paralelo e outro perpendicular à linha de plantação, com 80 cm de largura, 50 a 80 cm de profundidade e 1 cm de distância à árvore. Nestes cortes foi colocada uma grelha de 50 × 50 cm, com malha de 2 × 2 cm e quantificados: número, comprimento, classes de profundidade e diâmetro das raízes, camada de solo com maior densidade de raízes e volume de solo explorado pelas raízes. Aos 26 meses foram observadas 4 árvores (2 CS e 2 PM), em dois blocos, nos tratamentos RLVC e RCLC, seleccionadas de acordo com a altura média das árvores de cada espécie na parcela, com a restrição de não existirem falhas à volta da árvore a observar. Para exposição do sistema radicular procedeu-se, cuidadosamente, à abertura manual de trincheiras, sendo todas as raízes seguidas até à extremidade, colhidas e quantificadas as variáveis anteriormente referidas. Foi ainda quantificada a biomassa radicular por classe de diâmetro, expressa em gramas de matéria seca por metro quadrado de terreno ($g\ m^{-2}$). O estudo decorreu na Primavera (Maio-Junho, 2003 e 2004), período do ano que corresponde à máxima produção de raízes para a maioria das espécies (Persson, 1978 cit. Curt *et al.*, 2001). As raízes foram contabilizadas em intervalos de 10 cm, do topo para o fundo da trincheira, e agrupadas em quatro classes de

diâmetro: < 2mm (finas), 2–5 mm (pouco finas), 5-10 mm (médias) e 10-20 mm (grossas). No campo, a distinção entre as raízes das espécies florestais (*PM* e *CS*) e as raízes de espécies herbáceas foi muito fácil de realizar, com base em características morfológicas e físicas como a cor e a flexibilidade. A compactidade do solo foi avaliada em Junho de 2003 (período seco) e Março de 2004 (período húmido), com recurso a um *penetrologger set* de cone 1 cm² e ângulo 60°, num total de dez medições por tratamento, bloco e período. O tratamento estatístico dos dados teve por base análises de variância e testes de comparação múltipla de médias (Tukey, 5%), utilizando-se como factores os tratamentos e as espécies. No presente trabalho apresentam-se apenas resultados referentes aos 26 meses de idade das espécies consideradas.

Resultados e discussão

As raízes atingiram maiores profundidades no tratamento de mobilização mais intensiva (RCLC) e na espécie *CS*, seguindo a mesma tendência o volume de solo explorado pelo sistema radicular (Quadro 1). O tratamento parece não ter afectado o crescimento das raízes, nas várias direcções consideradas na espécie *PM*, enquanto que na espécie *CS* e no tratamento RLVC o crescimento foi preferencialmente lateral (Quadro 1). No campo foi observado que as raízes se encaminhavam para as zonas de consistência mais branda, ricas em argila e humidade e quando encontravam camadas mais duras cessavam o crescimento, quer lateral quer em profundidade. Observações idênticas são referidas por Misra (1997), para a espécie *Eucalyptus nitens*.

Quadro 1 – Caracterização do perfil radicular das espécies *PM* e *CS* nos tratamentos RLVC e RCLC

Espécie	Tratamento	MCP	MCLd	MCLe	MCT	MCF	PMD	VSexp m ³
<i>PM</i>	RLVC	50 a 60	65 a 105	51 a 82	30 a 70	43 a 75	10-20	0,785
	RCLC	85 a 100	85 a 130	60 a 106	63 a 105	82 a 95	10-20	2,361
<i>CS</i>	RLVC	60 a 90	90 a 141	105 a 172	51 a 73	15 a 40	10-20, 40-50	1,149
	RCLC	90 a 110	125 a 164	114 a 255	90 a 120	102 a 158	20-30, 50-60	5,835

MCP - máximo crescimento em profundidade, MCLd - máximo crescimento lateral direito, MCLe - máximo crescimento lateral esquerdo, MCT - máximo crescimento para trás, MCF - máximo crescimento para a frente, PMD - profundidade de máxima densidade (camada de solo), VSexp - volume estimado de solo explorado pelas raízes. NOTA: observador colocado numa posição paralela à linha de plantação.

Os sistemas radiculares das duas espécies apresentam maior uniformidade em profundidade no tratamento de mobilização intensiva (RCLC), com dois picos de máxima densidade nas camadas 20-30 e 50-60 cm na espécie *CS* e um na camada 10-20 cm na espécie *PM* (Quadro 1, Figura 1). A espécie *PM* apresenta elevada concentração de raízes próximo da base da árvore, o que é mais notório no tratamento RLVC, seguindo-se um decréscimo contínuo ao longo do perfil do solo. Resultados idênticos foram obtidos por Curt *et al.* (2001) em povoamentos adultos de *Pseudotsuga menziesii* no maciço central francês. Bennett *et al.* (2002) referem que em espécies com distribuição regular das raízes em profundidade há um melhor aproveitamento do recurso solo, permitindo a coexistência de outras espécies de sistema radicular mais concentrado superficialmente, sem redução da produtividade. Assim, dadas as características da distribuição espacial das raízes das espécies *PM* e *CS*, estas parecem adequadas na instalação de povoamentos mistos.

Segundo Abu-Hamdeh (2003), o crescimento radicular é fortemente afectado pela compactação do solo e as mobilizações mais intensivas conduzem a solos menos compactos, facilitando a penetração das raízes em profundidade. Os dados aqui apresentados corroboram

os daquele autor, sendo a compactidade do solo no tratamento RCLC menor que em RLVC (Figura 2). Contudo, a resposta do crescimento radicular às propriedades do solo não é independente da espécie (Udawatta, 2003), variando a distribuição das raízes num solo ideal com as espécies e o clima (Côté *et al.*, 1998). Em povoamentos adultos de *Pseudotsuga menziesii*, Curt *et al.* (2001) observaram que os sistemas radiculares mais profundos e regulares, correspondiam aos solos de menores limitações edáficas.

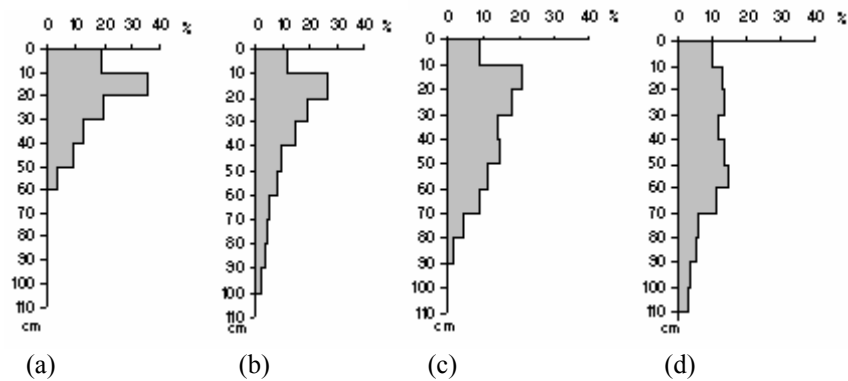


Figura 1 – Distribuição percentual do total de raízes (%) em profundidade (cm), para as espécies *PM* (a, b) e *CS* (c, d) nos tratamentos RLVC (a, c) e RCLC (b, d)

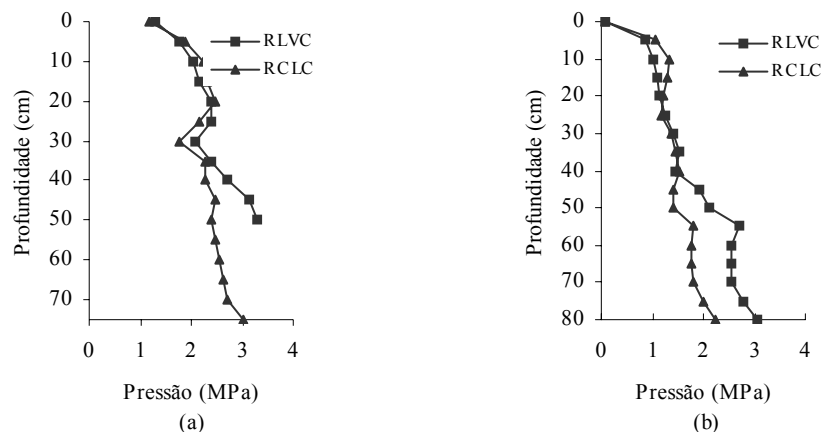


Figura 2 – Compactidade do solo nos tratamentos RLVC e RCLC, em Junho de 2003 (a) e Março de 2004 (b)

A biomassa por classe de diâmetro é significativamente mais elevada na espécie *CS* em ambos os tratamentos, com exceção da classe de raízes finas (< 2 mm), não apresentando, esta espécie, diferenças significativas entre tratamentos. No caso da espécie *PM*, a biomassa varia de forma significativa entre tratamentos com os maiores valores no tratamento RCLC (Quadro 2).

Na espécie *CS* a quantidade de biomassa é semelhante entre as várias classes de diâmetro consideradas, diminuindo de forma menos pronunciada com a profundidade, quando comparada com a espécie *PM* (Quadro 2, Figura 3). Para a última espécie referida, cerca de 65% da biomassa está concentrada nas raízes com diâmetro inferior a 2 mm, correspondendo a cerca de 75% do número de raízes observadas.

Quadro 2 – Biomassa radicular (g m^{-2}) por classe de diâmetro da raiz das espécies *CS* e *PM*, nos tratamentos RLVC e RCLC

Espécie	Tratamento	Classe de diâmetro da raiz			
		< 2 mm	2-5 mm	5-10 mm	10-20 mm
		média \pm erro padrão			
<i>PM</i>	RLVC	1,03 ^{aX} \pm 0,14	0,36 ^{aY} \pm 0,08	0,19 ^{aY} \pm 0,03	
	RCLC	3,25 ^{bX} \pm 0,24	1,05 ^{bY} \pm 0,12	0,78 ^{bY} \pm 0,13	
<i>CS</i>	RLVC	1,79 ^{aX} \pm 0,38	1,83 ^{aX} \pm 0,38	2,08 ^{aX} \pm 0,54	1,35 ^a \pm 0,85
	RCLC	2,94 ^{aX} \pm 0,47	2,49 ^{aX} \pm 0,36	2,12 ^{aX} \pm 0,46	2,24 ^a \pm 0,75

Para a mesma classe de diâmetro e espécie, valores seguidos de letras diferentes (a, b), apresentam diferenças significativas entre tratamentos ($p < 0,05$). Para a mesma classe de diâmetro e tratamento, valores seguidos de letras diferentes (X, Y), apresentam diferenças significativas entre espécies ($p < 0,05$).

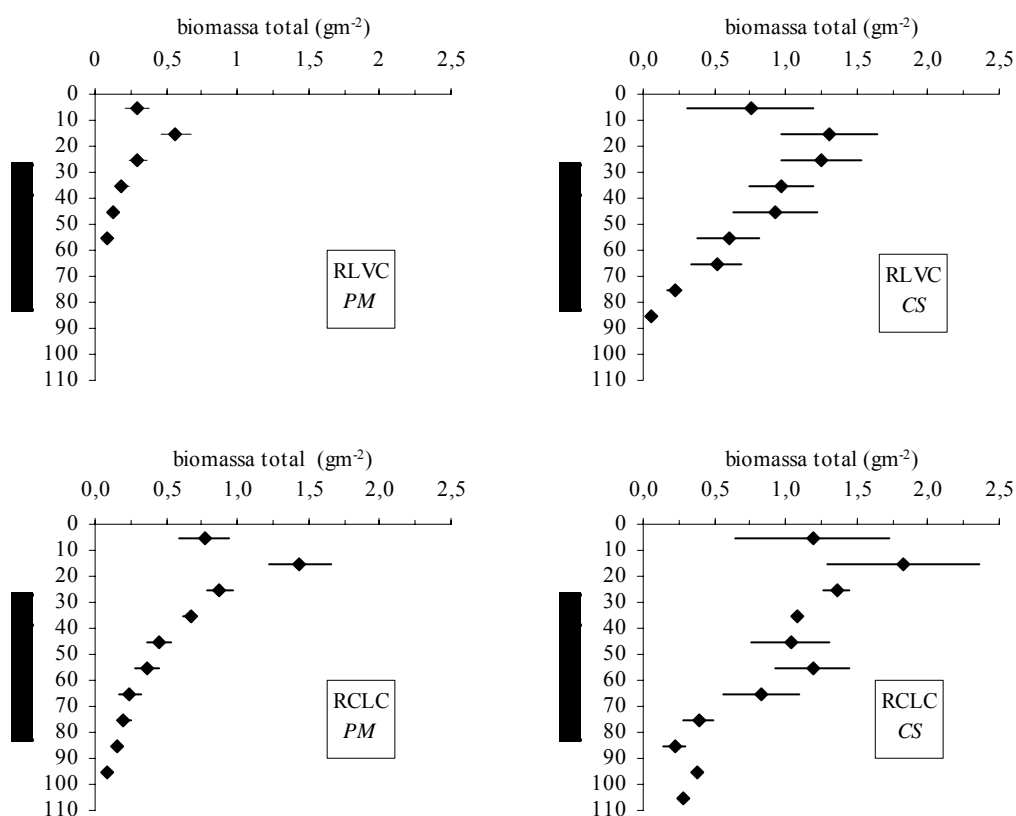


Figura 3 – Biomassa radicular total (g m^{-2}) em função da profundidade, para as espécies *PM* e *CS* e os tratamentos RLVC e RCVC (média \pm erro padrão)

Nos primeiros 40 cm de solo, a biomassa total das raízes da espécie *PM* é de 82 e 62% nos tratamentos RLVC e RCLC respectivamente, contra 36 e 27% na espécie *CS*.

Conclusões

O efeito da técnica de preparação do terreno na distribuição e desenvolvimento do sistema radicular e biomassa, foi mais pronunciado na espécie *PM*. A espécie *CS* apresenta sistemas

radiculares mais profundos e mais uniformemente distribuídos em profundidade, resultando num maior volume de solo explorado. A biomassa radicular na espécie *CS* distribui-se de forma regular pelas diversas classes de diâmetro e profundidade, enquanto que em *PM* é nitidamente superior na classe de raízes finas, localizando-se essencialmente nos primeiros 40 cm do solo. No tratamento de mobilização mais intensiva (RCLC), os sistemas radiculares de ambas as espécies atingem maiores profundidades, com maior produção de biomassa e volume de solo explorado.

As diferenças observadas nos sistemas radiculares das duas espécies pode levar à sua recomendação na instalação de povoamentos mistos, uma vez que parecem explorar diferentes profundidades do solo, deste modo reduzindo a competição e otimizando a produtividade. Contudo, é necessário prosseguir estes estudos de modo a verificar se as tendências observadas se mantêm no tempo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa Agro, Medida 8, Acção 8.1 (Projecto AGRO nº 156), o suporte financeiro que permitiu a realização deste estudo.

Referências Bibliográficas

- Abu-Hamdeh, N.H., 2003. Soil compaction and root distribution for okra as affected by tillage and vehicle parameters. *Soil & Tillage Research* **74** : 25-35.
- Agroconsultores & Coba, 1991. Carta dos Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta de Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. UTAD/PDRITM, Vila Real.
- Bennett, J.N., Andrew, B. & Prescott, C.E., 2002. Vertical fine root distributions of western redcedar, western hemlock, and salal in old-growth cedar-hemlock forests on northern Vancouver Island. *Can. J. For. Res.*, **32** : 1208-1216.
- Côté, B. Hendershot, H.W., Fyles, J.W., Roy, A.G., Bradley, R., Biron, P.M. & Courchesne, F., 1998. The phenology of fine root growth in a maple-dominated ecosystem: relationships with some soil properties. *Plant and Soil* **201** : 59-69.
- Curt, T., Lucot, E. & Bouchaud, M., 2001. Douglas-fir root biomass and rooting profile in relation to soils in a mid-elevation area (Beaujolais Mounts, France). *Plant and Soil* **233** : 109-125.
- Gonçalves, J.L.M. & Benedetti, V., 2000. *Nutrição e Fertilização Florestal*. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, Brasil.
- INMG, 1991. *Normais Climatológicas da Região de “Trás-os-Montes e Alto Douro” e “Beira Interior” Correspondentes a 1951-1980*. Fascículo XLIX, Volume 3, 3ª Região, Lisboa.
- Jourdan, C. & Rey, H., 1997. Architecture and development of the oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. *Plant and Soil* **189** : 33-48.
- Lecompte, F., Ozier-Lafontaine, H. & Pagès, L., 2001. The relationships between static and dynamic variables in the description of root growth. Consequences for field interpretation of rooting variability. *Plant and Soil* **236** : 19-31.
- Magalhães, L.M.S. & Blum, W.E.H., 2000. Distribuição radicular de espécies florestais plantadas na região de Manaus, Amazônia. *Floresta e Ambiente* **7**(1) : 93-103.

- Misra, R. K. 1997. Maximum axial growth pressures of the lateral roots of pea and eucalypt. *Plant and Soil* **188** : 161-170.
- Pritchett, W.L. & Fisher, R.F., 1987. *Properties and Management of Forest Soils*. Second Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Udawatta, R.P. & Henderson, G.S., 2003. Root distribution relationships to soil properties in Missouri oak stanfs: a productivity index approach. *Soil Science Society of America Journal* 67(6) : 1869-1878.