

# Produção de castanha e de folhada e concentração de nutrientes nas folhas de soutos submetidos a diferentes sistemas de mobilização do solo

## Chestnut and litterfall production and leaf nutrient concentration in chestnut groves submitted to different soil tillage systems

F. Raimundo<sup>1</sup>, A. L. Pires<sup>1</sup>, S. Fonseca<sup>1</sup>, A. Martins<sup>1</sup> & M. Madeira<sup>2</sup>

### RESUMO

Estudou-se o efeito de vários sistemas de preparação do solo na produção das componentes caducas da biomassa (folhas, ouriços, castanhas e inflorescências) e no teor de nutrientes nas folhas, num souto com árvores de 50 anos de idade média localizado no Nordeste de Portugal. O sistema experimental foi instalado no início de 1996 e incluiu os seguintes tratamentos: mobilização tradicional com escarificador a uma profundidade média de 15 cm (MT), mobilização com grade de discos até 7 cm de profundidade (GD), pastagem semeada plurianual de sequeiro (PS) e não-mobilização com vegetação herbácea espontânea (NM). A produção média da biomassa caduca (folhas, ouriços, castanhas e inflorescências), durante o período de 1999 a 2004, expressa por m<sup>2</sup> de área de projecção vertical da copa, foi máxima no tratamento NM (755 g m<sup>-2</sup>), seguida do PS (729 g m<sup>-2</sup>), do GD (708 g m<sup>-2</sup>) e por último do MT (627 g m<sup>-2</sup>), não se observando diferenças significativas entre os tratamentos. Durante o período de estudo, os ouriços (36,7%) foram a componente mais

importante do total da biomassa caduca, seguidos pelas folhas (32,5%), castanhas (24,7%) e inflorescências (6,1%). A produção de castanhas, também para aquele período, no tratamento MT (133 g m<sup>-2</sup>) foi significativamente inferior à observada nos tratamentos NM (193 g m<sup>-2</sup>) e PS (191 g m<sup>-2</sup>). O teor de N, P e Mg das folhas, em 2003 e 2004, foi significativamente menor no tratamento MT do que nos restantes; o teor de K, por seu turno, foi significativamente menor nos tratamentos MT e PS do que no GD; o teor de Ca nos tratamentos GD e PS foi significativamente maior do que no tratamento MT. As alternativas de gestão à mobilização tradicional revelaram-se mais promissoras para a produtividade dos soutos e para a redução dos custos de produção.

### ABSTRACT

The effects of several soil management systems on litterfall production (leaves, burs, chestnuts and inflorescences) and leaf nutrient concentration were studied in a 50 year-old chestnut grove, located in North-

<sup>1</sup> Dep. Edafologia, UTAD, Ap. 1013, 5001-801 Vila Real, e-mail: fraimund@utad.pt; <sup>2</sup>Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa

east Portugal. The experimental trial was installed in the beginning of 1996 and it was monitored for eight years. The treatments were: chisel plow (average depth 15 cm), which corresponds to the traditional tillage (MT); disc harrowing tillage, up to 7 cm depth (GD); rainfed seeded pasture, with leguminous and grasses species (PS); and no-tillage with spontaneous herbaceous vegetation (NM). Results, between 1999 and 2004, showed that the average production of litter-fall (leaves, burs, chestnuts and inflorescences), was greatest in NM treatment ( $755 \text{ g m}^{-2}$ ), followed by the PS ( $729 \text{ g m}^{-2}$ ), GD ( $708 \text{ g m}^{-2}$ ) and MT ( $627 \text{ g m}^{-2}$ ) treatment, although the differences were not significant. During that period, the burs (36.7%) made the greatest contribution to total litter-fall, followed by the leaves (32.5%), chestnuts (24.7%) and inflorescences (6.1%). The chestnut production was significantly lower in the MT ( $133 \text{ g m}^{-2}$ ) treatment than in the NM ( $193 \text{ g m}^{-2}$ ) and PS ( $191 \text{ g m}^{-2}$ ). The N, P and Mg content in leaves were significantly lower in MT treatment than in the others; the K content was significantly lower in MT and PS treatments than in GD; the Ca concentration was significantly lower in MT treatment than in GD and PS. Management practices alternatives to the traditional soil tillage revealed to be more appropriated to enhance productivity of chestnut groves and to reduce production costs.

## INTRODUÇÃO

Diferentes motivações, entre elas, o interesse pela cultura do castanheiro e a expectativa de aumentar a produtividade, têm levado, nestas últimas décadas, a uma intensificação das práticas culturais nos soutos em regime de sequeiro do Norte de Portugal. Esta intensificação, expressa sobretudo por mobilizações frequentes, remoção da

biomassa resultante das podas e aplicação de quantidades crescentes de fertilizantes minerais em detrimento dos orgânicos, tem contribuído, segundo vários autores (Portela *et al.*, 1999; SFS/Po-Chestnut, 1999), para a degradação física, química e biológica dos solos e para a propagação da doença da tinta.

A mobilização do solo dos soutos é predominantemente efectuada com um escarificador operando a uma profundidade média de 15 cm. Este sistema de mobilização deveria ser substituído por outros menos intensivos, devido aos seus efeitos negativos sobre o solo e as raízes do castanheiro (Raimundo *et al.* 2001; DRATM & UTAD, 2001). Com efeito, tem sido reportado que o solo das culturas lenhosas deve permanecer coberto com vegetação herbácea natural ou semeada, o que contribui para a redução de perdas de solo por erosão, a melhoria da infiltração de água e do arejamento do solo e a diminuição da compactação devido ao trânsito de máquinas (Van Huyssteen, 1986; Lipecki & Berbec, 1997; Sauvage *et al.*, 1998; Pastor *et al.*, 2001a; de la Rosa *et al.*, 2005). É no entanto fundamental, em condições de sequeiro, avaliar a concorrência das plantas herbáceas com as culturas lenhosas pela água disponível no solo. Muitos autores consideram que poderão ocorrer perdas de produção se o controle da vegetação herbácea não for devidamente cuidado. Por exemplo, para a cultura do olival, Pastor *et al.* (2001a) verificaram que o controle dessa vegetação com herbicida no final da Primavera foi melhor opção que o seu corte com gadanheira. Por seu turno, Luz *et al.* (1998), para a mesma cultura, referem, por um lado, que o controle da vegetação herbácea natural com pastoreio de ovinos levou a um aumento de produção de 25,6% em relação à mobilização tradicional e, por outro, que não se verificaram diferenças significativas, durante a maior parte dos anos, entre a não-

mobilização com cobertura vegetal permanente e a não-mobilização com solo descoberto.

Neste contexto, com vista ao apuramento das bases para uma exploração sustentável dos soutos, foi instalado no início de 1996 um sistema experimental para comparar o sistema de mobilização tradicional com um sistema de mobilização reduzido e com sistemas de pastagem com vegetação herbácea espontânea e semeada (Raimundo *et al.*, 2001; Raimundo, 2003). No presente estudo reporta-se o efeito desses sistemas de gestão do solo na produção das componentes caducas da biomassa e na concentração de nutrientes nas folhas dos castanheiros.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área experimental

O estudo decorreu numa área de plantações de *Castanea sativa* Mill., da variedade Longal, com 50 anos de idade média. As parcelas experimentais foram instaladas no início de 1996 e localizam-se nas imediações de Macedo de Cavaleiros (41° 36' N, 6° 56' W; altitude 760 m). A área caracteriza-se por um relevo ondulado suave (menos de 5% de declive), apresentando uma precipitação média anual de 816 mm e uma temperatura média anual entre 10 e 12,5 °C. Os solos, formados sobre xistos do Silúrico, apresentam uma espessura entre 30 e 110 cm. O seu horizonte superficial (0-10 cm), com textura franca, apresentava, no início do estudo, um teor de C orgânico de 19,3 g kg<sup>-1</sup> e teores de P e K extraíveis, respectivamente de 17,5 e 135,4 mg kg<sup>-1</sup>; o valor de pH era da ordem de 5,3 e a capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE) era 3,0 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, enquanto o grau de saturação em bases (em relação à CTCE) atingia cerca de 69%.

### Instalação do sistema experimental

O sistema experimental incluiu quatro tratamentos: mobilização tradicional, com escarificador, com uma profundidade média de trabalho de 15 cm (MT); mobilização com grade de discos, com uma profundidade média de trabalho de 7 cm (GD); pastagem semeada plurianual de sequeiro (PS); não-mobilização, com vegetação herbácea espontânea (NM). Os tratamentos MT, GD e NM foram instalados no início de 1996 e o tratamento PS foi-o, somente, no final de 1998. No tratamento MT foram efectuadas duas ou três mobilizações anuais com escarificador, a primeira após a queda da folha, a segunda no fim do Inverno e a terceira no final da Primavera, respeitando-se as práticas normalmente seguidas pelo proprietário do soto. No tratamento GD foram efectuadas mobilizações duas vezes por ano, uma no fim do Inverno para incorporação dos resíduos (folhas e ouriços) e dos fertilizantes e outra no final da Primavera. No tratamento NM, apenas se controlou a vegetação herbácea espontânea por pastoreio itinerante de ovinos ao longo do ano e a vegetação arbustiva com corte de gadanheira no final da Primavera. No tratamento PS, a vegetação herbácea composta por uma mistura de trevos (trevo violeta, trevo branco, trevo subterrâneo) e gramíneas (azevém perene, panasco), o controlo da vegetação herbácea e arbustiva foi idêntico ao do tratamento NM.

QUADRO 1 - Quantidades (kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) de N, P, K, Ca e Mg presentes nos fertilizantes aplicados na área experimental

Nutrientes aplicados				
N	P	K	Ca	Mg
8,2	15,3	2,5	102,8	2,5

Em cada tratamento consideraram-se três parcelas (repetições) com distribuição casualizada, cada uma com uma área aproximada de 1200 m<sup>2</sup> e 12 a 15 árvores adultas. As árvores das parcelas apresentavam uma área média de projecção vertical de copa de 78,4 m<sup>2</sup> e uma densidade média de 70 árvores/ha. Foram aplicadas as mesmas quantidades de fertilizantes em todas as parcelas, mas nos tratamentos MT e GD estes foram incorporados e nos tratamentos NM e PS foram distribuídos na superfície do solo. Foram utilizados fertilizantes adaptados à agricultura biológica. A quantidade média anual de nutrientes aplicados através dos fertilizantes (correctivo orgânico, fertigaftsa 26,5% e calcário calcítico moído) está apresentada no Quadro 1. A elevada quantidade de Ca aplicada deve-se ao facto dos solos da área experimental apresentarem carácter ácido (LQARS, 2000).

### Amostragens

A quantificação da queda das folhas, ouriços e inflorescências foi efectuada através da colocação de 72 cestos, de 1 m<sup>2</sup>, sob a copa das árvores, correspondendo a 4 tratamentos, 3 parcelas por tratamento, 3 árvores por parcela e 2 repetições por árvore. A folhada foi recolhida mensalmente, separada nos respectivos componentes que foram posteriormente secos a 45 °C e pesados.

A produção de frutos foi estimada através da colheita e pesagem da castanha produzida num quarto do total da área de projecção vertical da copa de 36 árvores (3 árvores em cada parcela).

Durante o mês de Setembro de 1997, 1998, 2003 e 2004, em duas árvores de cada uma das parcelas, foram colhidas amostras de folhas para análise foliar. As amostras foram colhidas no terço médio da copa das árvores, secas a 60 °C e moídas.

### Métodos de analíticos

Os teores de N (Kjeldahl) e de P das folhas foram obtidos por intermédio de uma digestão sulfúrica e determinados por espectrofotometria de absorção molecular em autoanalisador de fluxo segmentado. Para doseamento do Ca, Mg e K as amostras foram submetidas a uma digestão tal como vem descrito em Walinga *et al* (1989), sendo as determinações de Ca e Mg efectuadas por espectrofotometria de absorção atómica e a do K por espectrofotometria de emissão de chama.

### Métodos estatísticos

Os dados foram objecto de análise de variância efectuada no programa JMP, tendo-se utilizado o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para efectuar a separação das médias.

## RESULTADOS

### Produção de folhas e inflorescências

A produção média de folhas durante o período de 1999 a 2004 não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os vários tratamentos, obtendo-se valores de 248 g m<sup>-2</sup> para o tratamento NM, de 246 g m<sup>-2</sup> para o tratamento GD, de 219 g m<sup>-2</sup> para o tratamento PS e de 202 g m<sup>-2</sup> para o tratamento MT (Quadro 2). Para a globalidade do período de estudo (1996-2004) as tendências verificadas foram as mesmas, embora não esteja presente o tratamento PS, dado que, como já referido, este tratamento só foi instalado em 1998 (Quadro 2). A produção de folhas em cada ano seguiu a mesma tendência observada para a média da totalidade dos anos de estudo, obtendo-se apenas diferenças significativas entre tratamentos nos anos de 2002 e 2003.

**QUADRO 2 - Produção de folhas, inflorescências e ouriços (peso seco a 45 °C) nos tratamentos com mobilização tradicional (MT), gradagem (GD), pastagem semeada (PS) e não mobilização (NM). Os valores são apresentados na forma de média com o erro padrão entre parêntesis (n = 6)**

Trat.	1996	1997	1998	1999	2000	2002	2003	2004	Média 96-04	Média 99-04
g m <sup>-2</sup> AC										
<b>Folhas</b>										
<b>MT</b>	174 a (9)	233 a (34)	427 a (27)	294 a (27)	137 a (15)	155 b (34)	215 b (40)	208 a (50)	230 a (20)	202 a (17)
<b>GD</b>	200 a (15)	253 a (22)	507 a (42)	334 a (16)	144 a (11)	227 a (57)	281 a (43)	244 a (46)	274 a (22)	246 a (18)
<b>PS</b>	-	-	-	291 a (22)	152 a (22)	199 ab (46)	249 ab (44)	205 a (50)	-	219 a (16)
<b>NM</b>	196 a (17)	271 a (20)	579 a (66)	362 a (22)	151 a (2)	239 a (28)	268 ab (59)	221 a (40)	286 a (38)	248 a (20)
<b>Inflorescências</b>										
<b>MT</b>	71 a (9)	59 a (6)	72 a (6)	50 a (2)	27 a (11)	40 b (7)	45 a (11)	34 a (13)	50 a (4)	39 a (3)
<b>GD</b>	52 a (6)	45 a (6)	71 a (9)	45 a (3)	22 a (6)	56 a (12)	55 a (14)	35 a (12)	48 a (3)	43 a (4)
<b>PS</b>	-	-	-	49 a (7)	22 a (4)	55 a (12)	51 a (13)	37 a (8)	-	43 a (4)
<b>NM</b>	47 a (8)	46 a (8)	82 a (18)	59 a (11)	33 a (10)	59 a (11)	53 a (13)	33 a (13)	51 a (5)	47 a (5)
<b>Ouriços</b>										
<b>MT</b>	349 a (23)	128 a (25)	337 a (26)	240 a (51)	239 a (28)	199 a (55)	283 a (95)	306 a (99)	260 a (17)	253 a (16)
<b>GD</b>	312 a (46)	126 a (19)	306 a (39)	173 a (11)	133 a (17)	227 a (52)	358 a (91)	308 a (104)	243 a (20)	240 a (26)
<b>PS</b>	-	-	-	187 a (22)	218 a (36)	238 a (51)	397 a (113)	343 a (50)	-	277 a (25)
<b>NM</b>	350 a (70)	162 a (9)	353 a (19)	181 a (10)	193 a (14)	241 a (59)	395 a (141)	321 a (150)	274 a (25)	266 a (28)

Letras diferentes no mesmo ano e para a mesma componente da folhada representam diferenças significativas (p<0,05) entre tratamentos, pelo teste de Tukey

As folhas foram o principal componente caduco da biomassa no tratamento GD (34,7%) no período de 1999 a 2004. Na globalidade do período de estudo as folhas também foram o principal componente nos tratamentos GD (36,0%) e NM (34,3%).

A produção média de inflorescências, não apresentou diferenças estatisticamente significativas tanto no período de 1999 a 2004 como na globalidade do período de estudo. Apenas no ano de 2002 o tratamento MT

apresentou uma produção significativamente inferior (40 g m<sup>-2</sup>) de inflorescências em relação aos tratamentos GD (56 g m<sup>-2</sup>) PS (55 g m<sup>-2</sup>) e NM (59 g m<sup>-2</sup>) (Quadro 2).

### Produção de ouriços

A produção de ouriços também não apresentou diferenças estatisticamente significativas no período compreendido entre 1999 e 2004, obtendo-se valores de 277 g m<sup>-2</sup> para

o tratamento PS, de 266 g m<sup>-2</sup> para o tratamento NM, de 253 g m<sup>-2</sup> para o tratamento MT e de 240 g m<sup>-2</sup> para o tratamento GD (Quadro 2). Na globalidade do período e em qualquer dos anos de estudo os ouriços também não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre tratamentos (Quadro 2).

Os ouriços foram o principal componente caduco da biomassa nos tratamentos MT (40,4%), PS (37,9%) e NM (35,3%) no período de 1999 a 2004. Na globalidade do período de estudo os ouriços foram o principal componente somente no tratamento MT (37,0%).

### Produção de castanha

A produção média de castanhas, durante o período de 1999 a 2004, no tratamento MT (133 g m<sup>-2</sup>) foi significativamente inferior à observada nos tratamentos NM (193 g m<sup>-2</sup>) e PS (191 g m<sup>-2</sup>); o tratamento GD (180 g m<sup>-2</sup>), não foi significativamente diferente em relação a nenhum dos tratamentos referidos (Quadro 3). Para a

globalidade do período de estudo (1996-2004) as tendências de produção de castanha foram as mesmas, com o tratamento MT (164 g m<sup>-2</sup>) a apresentar valores significativamente menores em relação ao tratamento NM (223 g m<sup>-2</sup>) (Quadro 3).

A produção média de castanha em cada ano seguiu, usualmente, a mesma tendência verificada para a média dos vários anos, embora só tenham ocorrido diferenças significativas entre tratamentos nos anos de 1997, 2003 e 2004. Sublinha-se que a produção de frutos em 1999 foi menor no tratamento PS, enquanto que no ano seguinte foi o tratamento que apresentou maiores produções. Estas variações de produção no tratamento PS podem estar relacionadas com a fase de instalação da pastagem, que decorreu desde o final de 1998 até a Primavera de 1999.

A proporção de ouriços e castanhas variou com os tratamentos. Assim, a razão ouriços/castanhas foi superior no tratamento MT para cada um dos anos do estudo, apresentando no período de 1999 a 2004 um valor de 1,9, 1,3, 1,5 e 1,4 para os tratamentos

**QUADRO 3 - Produção de castanhas (peso seco a 45 °C) nos tratamentos com mobilização tradicional (MT), gradagem (GD), pastagem semeada (PS) e não mobilização (NM). Os valores são apresentados na forma de média com o erro padrão entre parêntesis (n = 6)**

Trat.	1996	1997	1998	1999	2000	2002	2003	2004	Média 96-04	Média 99-04
	g m <sup>-2</sup> AC									
<b>MT</b>	291 a (35)	104 a (9)	250 a (19)	119 a (10)	132 a (14)	118 a (17)	160 b (13)	135 b (11)	164 b (15)	133 b (8)
<b>GD</b>	206 a (40)	131 ab (16)	323 a (45)	137 a (23)	146 a (24)	159 a (22)	272 a (37)	185 ab (21)	195 ab (16)	180 ab (16)
<b>PS</b>	-	-	-	109 a (15)	196 a (37)	189 a (13)	244 ab (24)	217 a (14)	-	191 a (19)
<b>NM</b>	329 a (73)	158 b (8)	330 a (48)	155 a (26)	184 a (27)	175 a (16)	236 ab (24)	218 a (28)	223 a (20)	193 a (13)

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas (p<0,05) entre tratamentos, pelo teste de Tukey.

MT, GD, PS e NM, respectivamente. Para a globalidade do período de estudo esta razão foi de 1,6, 1,3 e 1,2, respectivamente, para os tratamentos MT, GD e NM. Estes resultados mostram que as árvores do tratamento MT apresentaram maior peso de ouriços em relação ao peso de castanhas do que as dos outros tratamentos. Sublinha-se, que para a razão folhas/castanhas essa diferença entre tratamentos foi menor, apresentando para o período de 1999 a 2004 um valor de 1,5, 1,4, 1,2 e 1,3 para os tratamentos MT, GD, PS e NM, respectivamente. Estes resultados evidenciam que o tratamento MT, sendo aquele que se saldou por menor produção de castanha, foi o que determinou uma maior produção relativa de folhas e ouriços.

A produção média dos quatro componentes caducos da biomassa (folhas, ouriços, castanhas e inflorescências), durante o período de 1999 a 2004 foi superior no tratamento NM ( $754 \text{ g m}^{-2}$ ), seguido do PS ( $730 \text{ g m}^{-2}$ ), do GD ( $709 \text{ g m}^{-2}$ ) e por último do MT ( $627 \text{ g m}^{-2}$ ), não se verificando diferenças significativas entre os vários tratamentos. Para a globalidade do período de estudo a produção total desses quatro componentes foi também superior no tratamento NM ( $834 \text{ g m}^{-2}$ ), seguido do GD ( $760 \text{ g m}^{-2}$ ) e do MT ( $704 \text{ g m}^{-2}$ ), não se observando diferenças significativas entre tratamentos.

### A produção e a pluviosidade

A produção de castanhas e a precipitação acumulada durante o ano hidrológico correlacionaram-se significativamente no caso dos tratamentos MT, GD e NM (Quadro 4). As correlações mais fortes foram observadas para o tratamento MT quando foi considerada a soma da precipitação de Outubro a Maio ( $r=0,826$ ,  $p=0,012$ ); para o tratamento GD quando a soma da precipitação foi de Outubro a Setembro ( $r=0,894$ ,  $p=0,003$ ); para o tratamento NM quando a

soma da precipitação foi de Outubro a Maio ( $r=0,886$ ,  $p=0,003$ ); para a média dos quatro tratamentos quando a soma da precipitação foi, também, de Outubro a Maio ( $r=0,923$ ,  $p=0,001$ ). No caso do tratamento PS não se detectaram correlações significativas entre a produção de castanha e a precipitação acumulada durante o ano hidrológico, provavelmente devido ao menor número de anos desde a instalação desse tratamento.

A produção de ouriços e a precipitação acumulada durante o ano hidrológico também apresentaram correlações significativas nos tratamentos GD, PS e NM (Quadro 4). As correlações significativas mais fortes foram observadas para o tratamento GD quando foi considerada a soma da precipitação de Outubro a Março ( $r=0,868$ ,  $p=0,005$ ); para o tratamento PS quando a soma da precipitação foi de Outubro a Janeiro ( $r=0,946$ ,  $p=0,015$ ); para o tratamento NM quando a soma da precipitação foi de Outubro a Março ( $r=0,923$ ,  $p=0,001$ ); para a média dos quatro tratamentos quando a soma da precipitação foi, também, de Outubro a Março ( $r=0,864$ ,  $p=0,006$ ).

As produções de folhas e inflorescências não apresentaram correlações significativas com a precipitação acumulada de qualquer período do ano hidrológico.

### Análise foliar

No Quadro 5 apresentam-se os teores de nutrientes nas folhas de castanheiro colhidas no terço médio das copas, para os períodos 1997-1998 e 2003-2004.

Em 1997-1998 observou-se que os teores de N e Ca das folhas das árvores do tratamento MT foram significativamente inferiores aos dos restantes tratamentos. Os teores de P, K e Mg nas folhas não apresentaram diferenças significativas entre os vários tratamentos (Quadro 5).

QUADRO 4 - Coeficientes de correlação ( $r$ ) e valores de  $p$  entre a precipitação acumulada durante vários períodos do ano e a produção dos componentes caducos da biomassa, para os tratamentos com mobilização tradicional (MT), gradagem (GD), pastagem semeada (PS) e não mobilização (NM). As correlações significativas são apresentadas a negrito

	MT		GD		PS		NM		Média	
	$r$	$p$								
<b>Folhas</b>										
Out-Jan	0,225	0,593	0,269	0,520	0,251	0,899	0,210	0,618	0,251	0,549
Out-Fev	0,196	0,642	0,251	0,549	0,090	0,885	0,191	0,651	0,229	0,585
Out-Mar	0,164	0,697	0,240	0,566	0,133	0,832	0,174	0,680	0,208	0,621
Out-Abr	0,239	0,569	0,302	0,468	0,042	0,947	0,253	0,546	0,283	0,497
Out-Mai	0,275	0,510	0,316	0,446	0,000	1,000	0,282	0,499	0,311	0,453
Out-Jun	0,324	0,434	0,369	0,368	0,007	0,992	0,338	0,413	0,366	0,373
Out-Set	0,370	0,367	0,422	0,298	0,058	0,926	0,397	0,330	0,419	0,301
Jan-Set	0,287	0,491	0,348	0,398	0,247	0,688	0,385	0,346	0,362	0,380
Jan-Abr	0,020	0,962	0,114	0,788	0,231	0,709	0,094	0,826	0,090	0,832
Abr-Set	0,543	0,164	0,486	0,222	-0,239	0,699	0,589	0,125	0,561	0,148
Abr-Jul	0,391	0,339	0,302	0,468	-0,417	0,485	0,392	0,336	0,384	0,347
<b>Ouriços</b>										
Out-Jan	0,620	0,101	<b>0,810</b>	<b>0,015</b>	<b>0,946</b>	<b>0,015</b>	<b>0,874</b>	<b>0,005</b>	<b>0,808</b>	<b>0,015</b>
Out-Fev	0,621	0,101	<b>0,812</b>	<b>0,014</b>	<b>0,937</b>	<b>0,019</b>	<b>0,889</b>	<b>0,003</b>	<b>0,820</b>	<b>0,013</b>
Out-Mar	0,649	0,082	<b>0,868</b>	<b>0,005</b>	<b>0,938</b>	<b>0,018</b>	<b>0,923</b>	<b>0,001</b>	<b>0,864</b>	<b>0,006</b>
Out-Abr	0,693	0,570	<b>0,812</b>	<b>0,015</b>	0,870	0,055	<b>0,902</b>	<b>0,002</b>	<b>0,845</b>	<b>0,008</b>
Out-Mai	0,703	0,052	<b>0,747</b>	<b>0,033</b>	0,828	0,083	<b>0,852</b>	<b>0,007</b>	<b>0,804</b>	<b>0,016</b>
Out-Jun	0,660	0,075	<b>0,731</b>	<b>0,040</b>	0,821	0,088	<b>0,837</b>	<b>0,001</b>	<b>0,780</b>	<b>0,023</b>
Out-Set	0,638	0,089	<b>0,717</b>	<b>0,045</b>	0,797	0,106	<b>0,818</b>	<b>0,013</b>	<b>0,757</b>	<b>0,030</b>
Jan-Set	0,411	0,312	0,372	0,364	0,067	0,915	0,445	0,269	0,402	0,323
Jan-Abr	0,606	0,111	0,663	0,073	0,450	0,447	<b>0,721</b>	<b>0,044</b>	0,695	0,056
Abr-Set	0,013	0,976	-0,336	0,416	-0,731	0,160	-0,213	0,612	-0,222	0,598
Abr-Jul	0,073	0,864	-0,304	0,463	-0,424	0,477	-0,139	0,743	-0,152	0,720
<b>Castanhas</b>										
Out-Jan	<b>0,739</b>	<b>0,036</b>	<b>0,852</b>	<b>0,007</b>	0,831	0,081	<b>0,823</b>	<b>0,012</b>	<b>0,852</b>	<b>0,007</b>
Out-Fev	0,737	0,370	<b>0,808</b>	<b>0,015</b>	0,827	0,084	<b>0,817</b>	<b>0,013</b>	<b>0,850</b>	<b>0,008</b>
Out-Mar	<b>0,731</b>	<b>0,030</b>	<b>0,809</b>	<b>0,015</b>	0,809	0,097	<b>0,811</b>	<b>0,015</b>	<b>0,848</b>	<b>0,008</b>
Out-Abr	<b>0,756</b>	<b>0,030</b>	<b>0,879</b>	<b>0,004</b>	0,811	0,096	<b>0,840</b>	<b>0,009</b>	<b>0,894</b>	<b>0,003</b>
Out-Mai	<b>0,826</b>	<b>0,012</b>	<b>0,863</b>	<b>0,006</b>	0,798	0,105	<b>0,886</b>	<b>0,003</b>	<b>0,923</b>	<b>0,001</b>
Out-Jun	<b>0,797</b>	<b>0,018</b>	<b>0,887</b>	<b>0,003</b>	0,796	0,107	<b>0,869</b>	<b>0,005</b>	<b>0,915</b>	<b>0,001</b>
Out-Set	<b>0,811</b>	<b>0,015</b>	<b>0,894</b>	<b>0,003</b>	0,764	0,133	<b>0,876</b>	<b>0,004</b>	<b>0,920</b>	<b>0,001</b>
Jan-Set	<b>0,750</b>	<b>0,032</b>	0,579	0,133	0,007	0,991	0,672	0,068	0,688	0,059
Jan-Abr	<b>0,714</b>	<b>0,046</b>	0,638	0,089	0,430	0,469	0,683	0,062	0,726	0,042
Abr-Set	0,255	0,541	0,271	0,516	-0,444	0,453	0,219	0,603	0,241	0,565
Abr-Jul	0,283	0,498	0,280	0,501	-0,109	0,862	0,263	0,529	0,284	0,495

Em 2003-2004 constatou-se que os teores de N, P e Mg das folhas das árvores do tratamento MT também foram significativa-

mente inferiores aos dos restantes tratamentos. O teor de K dessas folhas, por seu turno, foi significativamente menor nos tratamentos

**QUADRO 5 - Teor (mg g<sup>-1</sup>) de N, P, K, Ca e Mg nas folhas das árvores dos tratamentos com mobilização tradicional (MT), gradagem (GD), pastagem semeada (PS) e não mobilização (NM). Os valores são média ± erro padrão**

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
<b>1997-1998</b>					
MT	17,68±0,59 b	2,42±0,08 a	12,38±1,00 a	5,36±,21 b	1,48±0,15 a
GD	20,21±0,75 a	2,45±0,10 a	12,89±1,00 a	6,27±0,26 a	1,96±0,22 a
NM	20,97±0,64 a	2,64±0,13 a	13,41±1,02 a	6,52±0,30 a	2,05±0,22 a
<b>2003-2004</b>					
MT	15,05±0,44 b	2,13±0,07 b	12,38±0,60 b	4,23±0,22 b	1,09±0,06 b
GD	16,54±0,47 a	2,55±0,09 a	14,31±0,33 a	5,87±0,28 a	1,59±0,07 a
PS	17,56±0,37 a	2,59±0,05 a	12,38±0,58 b	5,16±0,28 a	1,42±0,07 a
NM	17,30±0,50 a	2,63±0,08 a	14,04±0,34 ab	5,07±0,26 ab	1,47±0,07 a

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamentos, pelo teste de Tukey

MT e PS do que no GD; o teor de Ca foi significativamente menor no tratamento MT do que nos tratamentos GD e PS (Quadro 5).

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo não corroboram o que a maioria dos autores reporta para o efeito da cobertura herbácea na produtividade de culturas de espécies lenhosas. Com efeito, Van Huyssteen *et al.* (1984) e Moreira (1986), para a cultura da vinha, e Pastor *et al.* (2001a), para a cultura do olival, relatam que a cobertura do solo com vegetação herbácea diminui o crescimento e a produtividade das árvores, pelo menos a curto prazo. Nos soutos objecto de estudo, pelo contrário, a vegetação herbácea não parece ter afectado a produtividade das árvores; aliás, mesmo o tratamento PS, em que terá sido mais intensa a competição pela água entre a vegetação herbácea e as árvores, apresentou produção de componentes

caducos da biomassa (ouriços e castanhas) superior à observada nos tratamentos MT e GD. Esses resultados provavelmente devem-se, por um lado, ao facto do castanheiro apresentar hábitos radiculares diferentes das espécies referidas e, por outro, ao facto das condições hídricas das árvores do souto estudado estarem fortemente dependentes da humidade retida nas camadas mais profundas do solo, como foi também reportado por Martins *et al.* (2005). Verificou-se, aliás, que durante o Verão os vários tratamentos apresentavam potenciais hídricos foliares idênticos (Raimundo *et al.*, 2001; Raimundo, 2003). Assim, especula-se que a menor produção de biomassa caduca observada no tratamento MT resultará da utilização pela árvore de uma quantidade apreciável de produtos fotoassimilados na recomposição da biomassa radical afectada pela mobilização com escarificador, e da possível paragem vegetativa na parte aérea das árvores até que se regenere o novo sistema radical. De encontro a esta hipótese vem o facto da destruição de grande parte

das raízes superficiais ser uma das principais razões apontadas por Pastor (1991) para a menor produção de fruto observada em olivais mobilizados com escarificador, em comparação com os não-mobilizados.

Os resultados observados para a produção de castanha mostram claramente que as diferenças entre tratamentos foram muito menores do que as observadas de ano para ano, as quais podem variar de duas a três vezes. Essas variações anuais estarão provavelmente relacionadas com as condições hídricas vigentes em cada ano, mormente a quantidade de água disponível acumulada no solo. De facto, como anteriormente se referiu, a produção de castanha e a precipitação acumulada correlacionaram-se positiva e significativamente. Através dessas correlações verificamos que a quantidade de castanhas produzidas em cada ano depende muito da precipitação ocorrida no Outono. Se não considerarmos a precipitação acumulada durante esse período, praticamente não ocorrem correlações significativas. Isto poderá querer dizer que as chuvas de Outono são fundamentais para a recarga hídrica do solo. A precipitação ocorrida no Inverno e Primavera contribuirão também para aumentar a produção de fruto, pois verificam-se as correlações mais significativas, para a maioria dos tratamentos, quando consideramos a precipitação acumulada entre Outubro a Maio. Esta informação está em correspondência com os estudos realizados por Martins *et al.* (2005), onde se refere a importância das camadas profundas do solo no fornecimento de água ao castanheiro durante a época estival.

A produção de ouriços também se correlacionou positivamente com a precipitação acumulada a partir de Outubro. Neste caso as correlações mais significativas, para a maioria dos tratamentos, verificaram-se quando consideramos a precipitação acumulada entre Outubro a Março. Mostrando que

as chuvas de Primavera terão pouco efeito na produção de ouriços.

O teor de N das folhas das árvores do tratamento MT foi significativamente inferior aos dos restantes tratamentos. Estes resultados não corroboram o que a maioria dos autores reporta quando comparam o teor de N nas folhas de plantas lenhosas em solos mobilizados ou com cobertura de vegetação herbácea. Com efeito, vários autores citados por Haynes (1980), observaram que pomares de árvores de fruto com solo relvado apresentavam, normalmente, menores teores de N nas folhas do que os pomares submetidos a mobilização do solo. Outros autores (Pastor *et al.*, 2001b) não observaram diferenças significativas entre os teores desses nutrientes nas folhas de olivais mobilizados e não-mobilizados com solo sem vegetação herbácea ou protegido com cobertura herbácea. Estes autores justificam o ocorrido pelo facto daqueles olivais serem abundantemente fertilizados e os valores observados estarem acima dos teores mínimos considerados como adequado para a cultura. Assim, o diferente padrão observado no presente estudo poderá estar relacionado com a menor absorção e com a utilização de maiores quantidades de N (e de outros nutrientes) pelas árvores do tratamento MT para refazer as raízes afectadas pelas mobilizações; acresce sublinhar que a incorporação anual de resíduos que constituem um reservatório de N durante a respectiva decomposição (Raimundo, 2003) será outro factor a ter em consideração para a disponibilidade de N para as árvores. Sublinha-se, entretanto, que o tratamento GD, ao provocar uma menor destruição das raízes do que o tratamento MT, devido à menor profundidade de mobilização do solo, apresentar um teor de N e P nas folhas intermédio aos tratamentos MT e NM.

As diferenças acima mencionadas poderão ser mais marcadas pelo facto das fertili-

zações serem pouco abundantes no souto estudado e provavelmente na maioria dos soutos de Trás-os-Montes. Com efeito, Pires & Portela (2005), num souto fertilizado entre 1991 e 1995 com uma média de 19,9 kg N ha<sup>-1</sup> ano, referem que a baixa quantidade de N nas águas de lixiviação e a alta retenção do N pelas copas sugerem que este nutriente deve estar a limitar o desenvolvimento das árvores. Assim, é provável que o teor de N nas folhas do souto estudado se apresente no limite inferior do intervalo de valores considerado como adequado para esta cultura.

Sublinha-se que os teores dos diversos nutrientes nos castanheiros da área de estudo caem no intervalo considerado normal para a maioria das folhosas (Leaf, 1973) e aproximam-se de valores observados por outros autores para o castanheiro. Assim, A. L. Pires (comunicação pessoal) obteve para vários soutos adultos, submetidos a diferentes práticas culturais, da região de Trás-os-Montes, teores médios nas folhas colhidas no início de Setembro de 19,2, 2,6, 13,9, 5,1 e 2,0 mg g<sup>-1</sup> para o N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Gallardo-Lancho *et al.* (1995), em castiçais não fertilizados, localizados na província de Cáceres obtiveram teores médios nas folhas colhidas em Setembro de 17,0, 2,9, 9,6, 3,3, 2,8 mg g<sup>-1</sup> para o N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. No entanto, Olsen (2001, 2003) em soutos de *Castanea dentata* com diferentes idades e condições de crescimento obteve, entre 2001 e 2003, valores superiores de N (26,0 mg g<sup>-1</sup>), muito superiores de Ca (14,1 mg g<sup>-1</sup>) e inferiores de K (7,5 mg g<sup>-1</sup>) em relação aos observados para *Castanea sativa*.

Apesar de o tratamento PS apresentar uma maior quantidade de leguminosas e a mineralização do N do solo ser superior (Raimundo *et al.* 2004) à do tratamento NM, o teor de N nas folhas destes tratamentos foram bastante semelhantes. Estes resul-

tados poderão sugerir que o N do solo, durante o ciclo vegetativo do castanheiro, será principalmente imobilizado pela vegetação herbácea. A maior disponibilidade de N do solo do tratamento PS levará a uma maior produção de biomassa da vegetação herbácea, que, tal como refere Raimundo (2003), foi quatro vezes mais elevada no tratamento PS do que no NM.

## CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos conclui-se que a mobilização tradicional constitui o sistema de gestão do solo que apresenta efeitos mais negativos ao desenvolvimento do castanheiro para a produção de fruto. Este sistema leva à destruição de grande parte das raízes do castanheiro na camada superficial (0-15 cm) do solo, não permitindo, assim, o melhor aproveitamento dos nutrientes por parte das árvores no período posterior à sua execução. Este facto, e ainda a necessidade de utilização de uma quantidade apreciável de produtos fotossintéticos na recomposição da biomassa radical afectada pela mobilização, leva a que a mobilização tradicional apresente um menor teor de nutrientes nas folhas e uma menor produção de componentes caducos da biomassa. Recomenda-se, assim, a substituição da mobilização tradicional pela não-mobilização do solo dado que é o sistema que apresenta maiores produções de biomassa caduca e menores custos de produção.

A produção anual de castanhas e ouriços depende do tipo de preparação do solo, mas a forte variação inter anual da produção está sobretudo dependente da água acumulada no solo. Assim, a produção anual de castanhas e ouriços, em condições edafoclimáticas semelhantes às referidas neste estudo, depende fortemente da quantidade de precipitação que ocorre no Outono e Inverno.

## AGRADECIMENTOS

O estudo foi desenvolvido no âmbito dos projectos PAMAF 4029 e PRAXIS, 3/3.2/FLOR/2123/95. Os autores agradecem ao Sr. João Xavier e ao Dr. Osório Araújo a disponibilização do terreno para a área experimental e ao Laboratório de Solos da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, na pessoa do Prof. João Coutinho, o apoio analítico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- de la Rosa, D., Diaz-Pereira, E., Mayol, F., Czyz, E., Dexter, A., Dumitru, E., Enache, R., Fleige, H., Horn, R., Rajkay, K. & Simota, C. 2005. SIDASS project, Part 2. Soil erosion as a function of soil type and agricultural management in a Sevilla olive area, southern Spain. *Soil Tillage Res.*, **82**: 19-28.
- DRATM & UTAD, 2001. *Recomendações para a Instalação e Condução de Soutos* – Brochura para Apoio a Técnicos Agrários. Mirandela.
- Gallardo-Lancho, J.F., Egidio, J.A., Gonzalez, M.I., Rico, M., Santa Regina, I., Gallego, H., Martin, A., Menendez, I., Moreno, G., Schneider, K., Turrion, B. & Saavedra, J. 1995. Nutrient cycles in chestnut ecosystems of Sierra de Gata (Western-Central Spain). In F. Romane (ed) *Sustainability of Mediterranean Ecosystems. Case Study of the Chestnut Forest*, pp. 23-44. Ecosystem Research Report 19, European Commission.
- Haynes, R.J. 1980. Influence of soil management practice on the orchard agro-ecosystem. *Agro-Ecosystems*, **6**: 3-32.
- Leaf, A.L. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing forests. In L. Walsh & J. Beaton (eds) *Soil testing and plant analysis*. Soil Science Society of America, Inc. Madison, USA.
- Lipecki, J. & Berbec, S. 1997. Soil management in perennial crops: orchards and hop gardens. *Soil Tillage Res.*, **43**: 169-184.
- LQARS. 2000. *Manual de fertilização das culturas*. Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Lisboa.
- Luz, J.P., Silva, M. & Moreira, I. 1998. Doze anos de não mobilização num olival da Beira Interior. *Revista de Ciências Agrárias*, **21**: 119-125.
- Martins, A., Linhares, I., Raimundo, F., Borges, O., Coutinho, J.P., Gomes-Laranjo, J. & Sousa, V. 2005. The importance of deep soil layers to supply water to agro-forestry systems: a case study of a mature chestnut orchard in northern Portugal. *Acta Horticulturae*, **693**: 663-670.
- Olsen, J. 2001. Leaf analysis important in managing nutrition in the chestnut orchard. *The Western Chestnut*, **3(3)**: 9-10.
- Olsen, J. 2003. Chestnut Orchard Nutrition Update. *The Western Chestnut*, **5(1)**: 5-7.
- Moreira, I. 1986. Le point sur les techniques d'entretien des sols viticoles en Portugal. *II Symp. Int. sur la non-culture de la vigne*, pp. 65-78. Montpellier.
- Pastor, M. 1991. *Estudio de Diversos Métodos de Manejo del Suelo Alternativos al Laboreo en el Cultivo del Olivo: no Laboreo y Laboreo Reducido*. Instituto de Estudios Giennenses, C.S.I.C., Diputación Provincial de Jaén, Jaén.
- Pastor, M., Castro, J., Humanes, M. & Muñoz, J. 2001a. Sistemas de cultivo con cubiertas en olivar de Andalucía (I). *Vida Rural*, **125**: 58-62.
- Pastor, M., Castro, J., Humanes, M. & Muñoz, J. 2001b. Sistemas de cultivo con cubiertas en olivar de Andalucía (II). *Vida Rural*, **126**: 46-51.

- Pires, A.L., Portela, E. & Martins, A. 1995. Nutrient cycling in chestnut groves in the Trás-os-Montes region. In F. Romane (ed) *Sustainability of Mediterranean Ecosystems. Case Study of the Chestnut Forest*, pp. 9-22. Ecosystem Research Report 19, European Commission.
- Pires, A.L. & Portela, E. 2005. Impact of management practices on chestnut grove nutrient budgets. *Acta Horticulturae*, **693**: 677-684.
- Portela, E., Aranha, J. Martins, A. & Pires, A. L. 1999. Soil factors, farmers practices and chestnut ink disease: Some interactions. *Acta Horticulture*, **494**: 433-441.
- Raimundo, F., Branco, I., Martins, A. & Madeira, M. 2001. Efeito da intensidade de preparação do solo na biomassa radical, regime hídrico, potencial hídrico foliar e produção de castanha de soutos do Nordeste Transmontano. *Revista de Ciências Agrárias*, **24**: 415-423.
- Raimundo, F. 2003. *Sistemas de Mobilização do Solo em Soutos. Influência na Produtividade de Castanha e nas Características Físicas e Químicas do solo*. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Raimundo, F., Madeira, M., Coutinho, J. & Martins, A. 2004. Efeito de sistemas de mobilização do solo na mineralização do N, na biomassa microbiana e na respiração do solo de soutos do Nordeste de Portugal. *Revista de Ciências Agrárias*, **27**: 361-375.
- Sauvage, D., Crozier, P. & Depardon, S. 1998. Etude de diferentes techniques d'entretien des sols. Bilan de six années d'experimentation. *Dix-septième Conférence du COLUMA – Journées Internationales sur la Lutte Contre les Mauvaises Herbes*. Dijon, France.
- SFS/Po-Chestnut, 1999. *Chestnut ink disease - an integrated approach to its control. NATO/Science for Stability Programme/PO-Chestnut 981275/Final Report*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 82 pp.
- Van Huyssteen, L., Van Zyl, J.L. & Koen, A.P. 1984. L'influence des techniques d'entretien des cultures de couverture sur les conditions du sol et sur le contrôle des mauvaises herbes dans un vignoble de Colombar á Dudkshoorn. *Bulletin de l'O.I.V.*, **645**: 849-870.
- Van Huyssteen, L. 1986. The effect of soil management techniques on soil structure and grape-vine performance. *II Symp. Int. sur la Non-culture de la Vigne*, pp. 469-480. Montpellier.
- Walinga, I., van Vark, W., Houba V.J.G., van Lee, J.J. 1998. *Soil and Plant Analysis - Plant Analysis Procedures*, part 7. Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 263 pp.