



## VI Simpósio Nacional de *Olivicultura*

Mirandela 2012

*Editores:*

Albino Bento  
José Alberto Pereira



## **FICHA TÉCNICA**

**Título:** VI Simpósio Nacional de Olivicultura

**Coleção:** Actas Portuguesas de Horticultura, n.º 21

**Propriedade e edição:** Associação Portuguesa de Horticultura (APH)

Rua da Junqueira, n.º 299, 1300-338 Lisboa

Tel. 213623094

<http://www.aphorticultura.pt/>

**Autores:** vários

**Editores:** Albino Bento e José Alberto Pereira

**Revisão editorial:** Maria Elvira Ferreira

**Grafismo da capa:** Francisco Barreto

**Tiragem:** 200 exemplares

**ISBN:** 978-972-8936-12-9

## Variação espacial de propriedades físicas e químicas do solo em olivais de Trás-os-Montes

F. Fonseca<sup>1</sup>, A. Queirós<sup>1</sup>, A.C. Buch<sup>2</sup>, F.C. Carvalho<sup>2</sup>, J.P. Sousa<sup>2</sup> & S.A.P. Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança (ESAB / IPB), Apartado 1172, 5301-855 Bragança, Portugal, ffonseca@ipb.pt.

<sup>2</sup>Departamento de Ciências da vida, IMAR-CMA, Apartado 3046, Universidade de Coimbra, 3001-401 Coimbra, Portugal

### Resumo

A introdução de novos sistemas de gestão da vegetação herbácea em olivais de Trás-os-Montes tem realçado o interesse em conhecer os efeitos produzidos na variabilidade espacial das propriedades do solo. Com o presente trabalho pretende-se avaliar o efeito de diferentes sistemas de gestão do coberto vegetal herbáceo em olivais na distribuição espacial de propriedades físicas e químicas do solo. O estudo decorreu em nove olivais com os seguintes sistemas de gestão do solo: (MT) solo nu ao longo de todo o ano, com recurso à mobilização tradicional; (HB) cobertura do solo por vegetação natural, com controlo efetuado por aplicação de herbicidas na linha de plantação (LP) e destroçamento da vegetação seca na entrelinha (EL); (LS) cobertura do solo por espécies de leguminosas semeadas, com controlo efetuado por pastoreio e posterior destroçamento da vegetação seca e (VN) cobertura do solo por vegetação natural. Em cada olival foram selecionados 16 locais (8 na LP e 8 na EL), onde se procedeu à colheita de amostras de solo perturbadas e não perturbadas na profundidade 0-5 cm. Foram determinados vários parâmetros físicos e químicos do solo e calculou-se índices de enriquecimento (IE). Os olivais que utilizam coberturas vivas apresentam acumulação de resíduos orgânicos à superfície, sendo esta sempre superior na LP, o que conduz a teores de matéria orgânica superiores e com distribuição espacial mais homogénea comparativamente aos olivais mobilizados. Em concordância com esta observação, a densidade aparente é menor na LP apresentando variabilidade espacial inferior nos olivais com leguminosas semeadas. Os nutrientes do solo não apresentam uma tendência consistente com o sistema de gestão do solo, mas de um modo geral, os olivais com coberto de leguminosas tendem a apresentar maior homogeneidade espacial.

**Palavras-Chave:** vegetação herbácea, linha de plantação, entrelinha, nutrientes.

### Abstract

#### **Spatial variation of physical and chemical properties of the soil in olive groves of Trás-os-Montes.**

The introduction of management systems for the herbaceous vegetation in olive grove from Trás-os-Montes has been stressing the interest for the knowledge about the effects caused to the spatial variability of soil properties. The objective of this work is to evaluate the effect of different management systems of herbaceous ground covers in the different spatial physical and chemical soil properties of the olive grove. The study took place in nine olive groves that have been managed with the

following systems: (1) naked soil due to mobilization; (2) soil covered by natural vegetation controlled by herbicides on the plantation row and dried vegetation broken into pieces on the row between the trees; (3) soil covered by sown leguminous, controlled by grazing and (4) soil covered by natural vegetation. In each olive grove, 16 places (eight in the plantation row and eight in the row between the trees) were selected and disturbed and undisturbed soil samples were collected at 0-5 cm depth. Several physical and chemical soil parameters were calculated as well as the enrichment index (IE). Results showed that the olive groves with soil covers accumulated organic materials on the surface, reaching higher values in the plantation row, and producing higher levels of organic matter with more homogeneous spatial distribution when compared with mobilized groves. In agreement with this observation, the apparent density is lower in the plantation row showing an inferior spatial variability in the olive groves covered by sown leguminous. Soil nutrients did not show a consistent trend with the soil management system but, in a general way, the olive groves covered by sown leguminous had a tendency to present higher spatial homogeneity.

**Keywords:** herbaceous vegetation, plantation row, between rows, nutrients.

### Introdução

Em Trás-os-Montes a mobilização tem sido o tipo de gestão do solo mais comum no olival tradicional e é uma prática que visa sobretudo a eliminação da vegetação herbácea infestante e assim, reduzir a competição pela água com a oliveira. Embora a mobilização do solo possa aumentar a infiltração, há também um aumento da erosão das camadas superficiais do solo e destruição de raízes da oliveira (Pastor & Castro, 1995; Gómez et al., 1999). O risco de erosão é mais agravado nesta região, uma vez que a maioria dos olivais ocupam áreas de potencial elevado a muito elevado devido, em grande parte, à inclinação dos terrenos (Fleskens, 2007). Os fatores de risco de erosão incluem sobretudo a erosividade climática, principalmente causada pela precipitação, e a ausência de cobertura vegetal. Historicamente, nos terrenos muito inclinados, foram construídos patamares e muros como forma de conservar a água e contribuir para a diversificação de habitats dentro do olival (Kabourakis, 1999). No entanto, muitas destas estruturas foram gradualmente removidas para facilitar a mecanização (Fleskens, 2007), originando um agravamento do risco de erosão. Por outro lado, a gradual aplicação das medidas agro-ambientais tem gerado uma alteração nas práticas de gestão do solo e a mobilização total do olival tem sido substituída pela mobilização apenas junto à linha de plantação ou, mais frequentemente, pela aplicação de herbicidas.

No olival os herbicidas (e.g. glifosato) são aplicados sobretudo na linha de plantação. A utilização generalizada dos herbicidas na agricultura resultou num aumento da poluição ambiental confirmada pela deteção de várias substâncias ativas nos lençóis freáticos e em águas mais superficiais (Gilliom, 2007). Também para a biodiversidade edáfica (e.g. minhocas, isópodes, colêmbolos, carabídeos, etc.) que intervém em serviços ecossistémicos, tais como a decomposição, têm sido descritos efeitos letais e subletais que põem em causa aqueles serviços (Didham et al., 1996; Döring et al., 2003; Stenchly et al., 2012).

Outros tipos de gestão do solo ocorrem, normalmente, em olivais conduzidos em modo de produção biológico, nos quais se verifica a manutenção da vegetação herbácea natural ou a sementeira de leguminosas biodiversas. Em ambas as situações, o controlo da vegetação pode ser feito através do corte com destroçadores ou pastoreio por rebanhos de ovelhas. A vantagem imediata é a redução abrupta do risco de erosão do solo e, no caso das leguminosas, a capacidade de fixação do azoto atmosférico devido ao estabelecimento de simbioses com microrganismos e o consequente aumento da fertilidade do solo (Juniera et al., 2009).

O tipo de gestão do solo pode influenciar de forma determinante as propriedades físicas e químicas do solo e consequentemente, os processos ecossistémicos mediados por microrganismos e invertebrados edáficos. Dado que as práticas de gestão podem ter intensidade diferente em duas situações distintas, a linha de plantação (LP) onde as práticas culturais (e.g. aplicação de fertilizantes e de herbicidas) são mais intensivas e a entrelinha (EL), onde normalmente se realiza apenas o controlo da vegetação infestante, é também importante perceber a variação espacial dos parâmetros do solo. Assim, com o presente trabalho pretende-se avaliar o efeito de diferentes sistemas de gestão do coberto vegetal herbáceo em olivais na distribuição espacial de propriedades físicas e químicas do solo.

## **Material e Métodos**

### **Área de estudo**

O estudo decorreu na zona de Mirandela (Terra Quente Transmontana), em nove olivais submetidos a quatro sistemas de gestão do solo: (MT) solo nu ao longo de todo o ano, com recurso à mobilização tradicional – Avantos-1 (41°32'17.31", -7°05'43.89") e Avantos-2 (41°33'34.39"N, -7°05'37.17"W); (HB) cobertura do solo por vegetação natural, com controlo efetuado por aplicação de herbicida na linha de plantação (glifosato na concentração 2,5 l/ha aplicado na segunda quinzena de abril) e destroçamento da vegetação seca na entrelinha – Paradela (41°33'02.26", -7°06'30.88"), Suções (41°29'30.02", -7°15'28.72") e São Pedro-1 (41°26'38.09", -7°13'28.69"); (LS) cobertura do solo por espécies de leguminosas semeadas, com controlo efetuado por pastoreio e posterior destroçamento da vegetação seca – Valbom-dos-Figos (41°33'00.58", -7°08'39.92") e São Pedro-2 (41°25'44.91", -7°12'20.71") e (VN) cobertura do solo por vegetação natural – Guribanês (41°34'12.25", -7°09'59.01") e Cedães (41°29'16.86", -7°07'34.02"). Os olivais em estudo são olivais de sequeiro. Os olivais de São Pedro-1 e Cedães têm 10 e 18 anos, respetivamente, o compasso das árvores é 7 x 7 m e a cultivar é Cobrançosa; os restantes olivais têm mais do que 70 anos, o compasso das árvores é 9 x 9 m e as cultivares são maioritariamente Cobrançosa, Madural e Verdeal Transmontana. O tipo de gestão do solo tem sido mantido de forma regular nos últimos cinco anos, à exceção de Valbom-dos-Figos e São Pedro-2 (onde ocorreu a alteração de cobertura do solo com vegetação natural para leguminosas semeadas em 2008 e 2010, respetivamente) e Paradela (onde ocorreu a alteração de solo mobilizado para aplicação de herbicida em 2011). A altitude média desta zona é 393 m e o clima é tipicamente mediterrânico, a precipitação média anual é 524 mm concentrada nos meses de inverno e, em maio, a temperatura máxima média é 22,7°C e a temperatura mínima média é 9,6°C (dados de 1961 a 1990, fonte: <http://www.cm-mirandela.pt/files/81/811.pdf> - consultado a 5-10-2012)

### Método de amostragem

A amostragem decorreu na primeira semana de maio de 2011 e em cada olival foram colhidas 16 amostras de solo perturbadas e 16 amostras não perturbadas na profundidade 0-5 cm. O esquema de amostragem baseou-se na colheita de oito amostras na linha de plantação (LP) (retiradas a 50 cm da base do tronco) e oito na entrelinha (EL) (retiradas no ponto central entre quatro árvores adjacentes) e distanciadas cerca de 45-50 m umas das outras. Em cada ponto de colheita, numa área circundante de quatro metros quadrados, foi calculada a percentagem de cobertura vegetal.

As amostras de solo foram transportadas para o laboratório, processadas e determinados os seguintes parâmetros: pH (determinado pelo método potenciométrico, em suspensões solo: água e solo: KCl),  $P_2O_5$  e  $K_2O$  extraíveis (determinados pelo método de Egner-Riehm e quantificados por espectrofotometria), matéria orgânica (MO) (determinada pelo método de Walkley-Black), carbono orgânico (calculado por multiplicação do teor de MO pelo factor 0,58, tendo em atenção a percentagem média de carbono dos compostos orgânicos do solo), bases de troca ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  -determinadas pelo método do acetato de amónio a pH=7 e quantificados por espectrofotometria de absorção atómica) e textura do solo (determinada pelo processo de análise mecânica descrito por Silva (1967)). A densidade aparente (dap) foi avaliada em amostras de solo não perturbadas colhidas com um cilindro de volume de  $100\text{ cm}^3$  (método do cilindro). Na posse dos dados de dap foi avaliada, por via indirecta, a porosidade total (PT) através da seguinte expressão:  $PT = (1 - dap / dr) \times 100$ , em que  $dr$  = densidade real das partículas sólidas, tendo-se considerado 2,65 como valor médio.

A avaliação da modificação espacial de propriedades físicas e químicas do solo entre LP e EL foi realizada com base na análise laboratorial das amostras de solo e no cálculo de índices de enriquecimento. Os índices de enriquecimento (IE), onde  $IE = LP/EL$  (Su & Zhao, 2003; Fonseca et al., 2010) foram utilizados de modo a identificar diferenças nas propriedades do solo entre LP e EL. Os valores de IE ajudam a interpretar o efeito dos diferentes sistemas de gestão (MT, HB, LS, VN) na distribuição espacial das propriedades do solo. Assim, sempre que os IE são superiores à unidade significa que o valor daquele parâmetro é superior na LP.

### Análise de dados

Na análise dos dados compararam-se os diferentes parâmetros do solo registados em cada sistema de gestão através da ANOVA de uma via. Para comparação do valor dos parâmetros do solo registados na linha de plantação e na entrelinha de cada sistema de gestão utilizou-se um test-t. O nível de significância foi 0,05 para ambas as análises.

### Resultados e Discussão

Os valores da densidade aparente do solo variam de 1,29 a  $1,41\text{ g cm}^{-3}$  na LP e de 1,48 a  $1,61\text{ g cm}^{-3}$  na EL. O tratamento HB é o que apresenta os maiores valores em ambas as situações (EL e LP) e o tratamento VN os menores. Em todos os tratamentos a densidade aparente é significativamente inferior na LP (fig. 1). Como a porosidade do solo (fig. 2) varia inversamente com a densidade aparente, na LP os valores de ambas

as variáveis (densidade aparente e porosidade) são mais favoráveis (menor compactação) tendendo a produzir efeitos positivos quer na actividade radicular quer na actividade biológica do solo.

A importância do carbono orgânico do solo como um componente essencial da capacidade produtiva é largamente reconhecida. Com excepção do tratamento VN, observa-se um decréscimo significativo do teor de carbono na EL comparativamente à LP (fig. 3), o que pode estar associado à maior produção de resíduos orgânicos na LP (folhas e frutos da oliveira, restos da vegetação herbácea). Globalmente, o teor de carbono é significativamente superior no tratamento com leguminosas semeadas (LS) (quadro 1), o que parece reflectir diferenças na natureza e na produção de biomassa pelo coberto vegetal (Fonseca et al., 2012). Por outro lado, a acumulação de resíduos orgânicos à superfície, com a sequência  $HB > VN > LS$ , parece significar que existe uma maior eficiência na transferência de carbono dos resíduos orgânicos para o solo no último caso (Vargas et al., 2006). Por sua vez, a taxa de decomposição dos resíduos orgânicos depende das condições físicas, químicas e biológicas do solo que prevalecem em cada ambiente e largamente referidas na literatura (e.g., Zheng et al., 2008; Fonseca et al., 2012).

A concentração de  $P_2O_5$  extraível no solo (fig. 4) varia de baixa a alta (Santos, 1991). Quanto ao potássio extraível expresso em  $K_2O$  (fig. 4), registam-se valores considerados altos e muito altos (Santos, 1991). De um modo geral, é na LP que se registam os maiores valores podendo estar relacionados com a aplicação preferencial dos fertilizantes na zona de projecção da copa das árvores (Arrobas & Pereira, 2009). Na LP dos tratamentos MT, HB e VN o teor de fósforo assimilável aumentou para valores que representam cerca do dobro do fósforo disponível na EL. Já no caso do teor de potássio assimilável a variação entre as duas situações (LP e EL) é mais atenuada.

A soma das bases de troca (SBT) (quadro 2) apresenta valores considerados médios (Metson, 1956). O cálcio é o catião básico mais representado no solo, contribuindo com cerca de 70% para o somatório das bases de troca. As bases de troca (Ca, Mg, K e Na) apresentam frequentemente valores similares nas duas situações (EL e LP), resultando em diferenças não significativas da SBT.

Os valores médios de pH do solo, em todos os tratamentos, diferem significativamente entre a EL e a LP. Na EL, os solos tendem a ser ácidos (valores de pH inferiores a 5,6), e na LP os valores são considerados subácidos (5,6 a 7,0) (Costa, 1985; Porta et al., 2003). Os valores de pH mais adequados ao desenvolvimento das oliveiras situam-se no intervalo 6,0-7,5. Contudo, em Portugal, é muito frequente encontrar a cultura instalada em solos com pH fora daquele intervalo (Alexandre et al., 2007; Arrobas & Pereira, 2009).

Sempre que superiores à unidade, os índices de enriquecimento (IE) traduzem um enriquecimento na propriedade em análise na LP (quadro 3). Assim, pode-se constatar que a quase totalidade das propriedades do solo são mais favoráveis na zona onde as árvores desenvolvem preferencialmente as raízes (LP), permitindo maior disponibilidade de recursos para as plantas e menores perdas de nutrientes por lixiviação na EL. Apesar das diferenças registadas entre LP e EL, os olivais com coberto de leguminosas tendem a apresentar menor heterogeneidade espacial.

## Conclusões

Na faixa de solo onde as oliveiras desenvolvem preferencialmente o sistema radicular (LP) regista-se um aumento da porosidade total e um decréscimo da densidade aparente em relação à EL. Os teores de fósforo e potássio extraíveis bem como o carbono orgânico e as bases de troca, mostram valores mais elevados na LP comparativamente à EL. Os valores de pH, apesar de não se encontrarem no intervalo mais adequado ao desenvolvimento das oliveiras, na LP tendem a ser menos ácidos. De um modo geral, o solo junto à LP revela, nas condições do estudo, propriedades físicas e químicas que sugerem que neste local o mesmo é mais fértil que o junto à EL.

### **Agradecimentos**

Aos olivicultores e casas agrícolas que permiram a utilização dos seus olivais para a realização deste estudo: António Eduardo Pires, Francisco Ferreira, Jerónimo Abreu e Lima, Casa Agrícola de Valbom, Casa de Santo Amaro, Quinta Vale do Conde e Santa Casa da Misericórdia de Mirandela. Este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia através do projeto PTDC/AGR - PRO/ 111123 /2009: A utilização de indicadores biológicos como ferramentas para avaliar o impacto de práticas agrícolas na sustentabilidade do olival.

### **Referências**

- Alexandre, C., Andrade, J. & Afonso, T. 2007. Efeitos da mobilização do solo e do controlo da vegetação no teor de água do solo em olivais no Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, 30 (2): 217-232.
- Arrobas, M. & Pereira, J.M. 2009. Fertilização do olival. p. 21-39. In: Rodrigues, M.A.; Correia, C.M. (eds.), *Manual da safra e contra safra do olival*, Bragança, Instituto Politécnico.
- Costa, J.B. 1985. *Caracterização e constituição do solo*, 3.<sup>a</sup> edição. FCG, Lisboa.
- Didham, R.K., Ghazoul, J., Stork, N.E. & Davis, A.J., 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. *Trends in Ecology and Evolution*, 11: 255-260.
- Döring, T.F., Hiller, A., Wehke, B., Schulte, G. & Broll, G. 2003. Biotic indicators of carabid species richness on organically and conventionally managed arable fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98:133-139.
- Fleskens, L. 2007. *Conservation scenarios for olive farming on sloping land in the Mediterranean*. PhD Thesis. Wageningen University. Wageningen. The Netherlands.
- Fonseca, F., Martins, A. & Figueiredo, T. 2010. Efeitos da preparação do terreno para instalação de povoamentos florestais na modificação espacial e vertical de propriedades físicas e químicas do solo. IV Congresso Ibérico da Ciência do Solo. Granada, Espanha 21 a 24 de Setembro. p. 119-128.
- Fonseca, F., Figueiredo, T. & Ramos, M.A.B. 2012. Carbon storage in the Mediterranean upland shrub communities of Montesinho Natural Park, northeast of Portugal. *Agroforestry Systems*, DOI 10.1007/s10457-012-9509-5.
- Gilliom, R.J. 2007. Pesticides in streams and groundwater. *Environmental Science and Technology*, 41:3408-3414.
- Gómez, J.A., Giráldez, J.V., Pastor, M. & Fereres, E. 1999. Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard. *Soil and Tillage Research*, 52: 167-175.

- Juniera, P., Junierd, T., Witzelb, K.-P. & Carú, M. 2009. Composition of diazotrophic bacterial assemblages in bean-planted soil compared to unplanted. *Soil European Journal of Soil Biology*, 45:153-162.
- Kabourakis, E. 1999. Code of practices for ecological olive production systems in Crete. *Olivae*, 77:35-45.
- Metson, A.J. 1956. Methods of chemical analysis for survey samples. *Soil Bureau Bol. nº 12*. New Zealand Dept. Scient. Ind. Research.
- Pastor, M. & Castro, J. 1995. Soil management systems and erosion. *Olivae*, 59: 64-74.
- Porta, J., López-Acevedo, M. & Roquero, C. 2003. *Edafologia para la agricultura y el medio ambiente*, 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Santos, Q. 1991. *Fertilização – Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos*. Publicações Europa América, Mem Martins.
- Silva, A.A. 1967. Determinação da textura do solo. Método da pipeta de Robinson. *Pedologia*, 2: 129-139.
- Stenchly, K., Clough, Y. & Tschardtke, T. 2012. Spider species richness in cocoa agroforestry systems, comparing vertical strata, local management and distance to forest. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 149: 189-194
- Su, Y.Z. & Zhao, H. 2003. Soil properties and plant species in an age sequence of *Caragana microphylla* plantations in Horqin Sandy Land, north China. *Ecological Engineering*, 20: 223-235.
- Vargas, D.N., Bertiller, M.B., Ares, J.O., Carrera, A.L. & Sain, C.L. 2006. Soil C and N dynamics induced by leaf-litter decomposition of shrubs and perennial grasses of the Patagonian Monte. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 2401-2410
- Zheng, H., Ouyang, Z., Xu, W., Wang, X., Miao, H., Li, X. & Tian, Y. 2008. Variation of carbon storage by different reforestation types in the hilly red soil region of southern China. *Forest Ecology and Management*, 255:1113-1121.

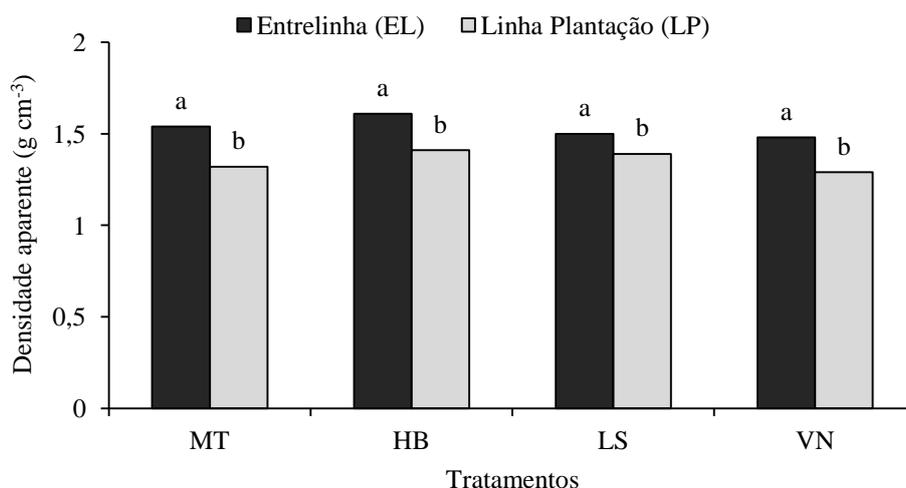


Figura 1 – Densidade aparente do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) por tratamento na camada 0-5 cm. Para o mesmo tratamento, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ). MT = solo nu ao longo de todo o ano; HB = cobertura do solo por vegetação natural; LS = cobertura do solo por espécies de leguminosas semeadas; VN = cobertura do solo por vegetação natural.

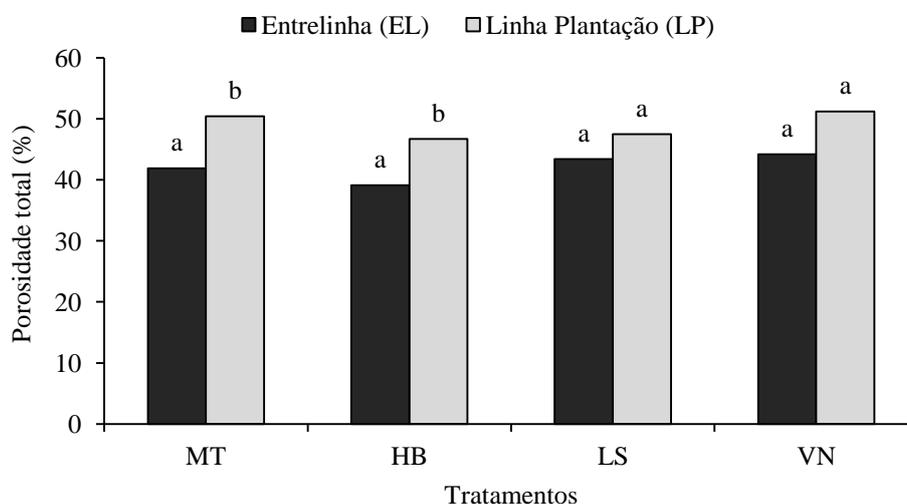


Figura 2 – Porosidade total do solo (%) por tratamento na camada 0-5 cm. Para o mesmo tratamento, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ). MT = solo nu ao longo de todo o ano; HB = cobertura do solo por vegetação natural; LS = cobertura do solo por espécies de leguminosas semeadas; VN = cobertura do solo por vegetação natural.

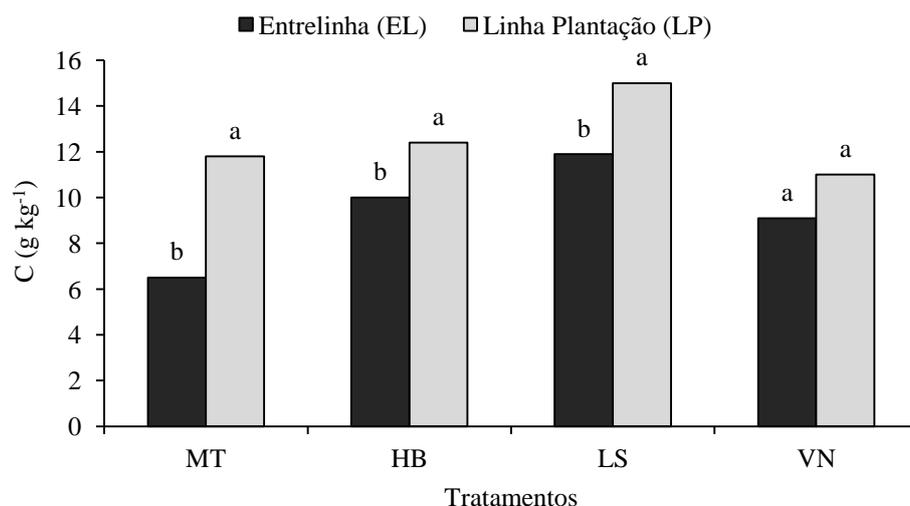


Figura 3 – Concentração de carbono orgânico no solo (g kg<sup>-1</sup>) por tratamento na camada 0-5 cm. Para o mesmo tratamento, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ). MT = solo nu ao longo de todo o ano; HB = cobertura do solo por vegetação natural; LS = cobertura do solo por espécies de leguminosas semeadas; VN = cobertura do solo por vegetação natural.

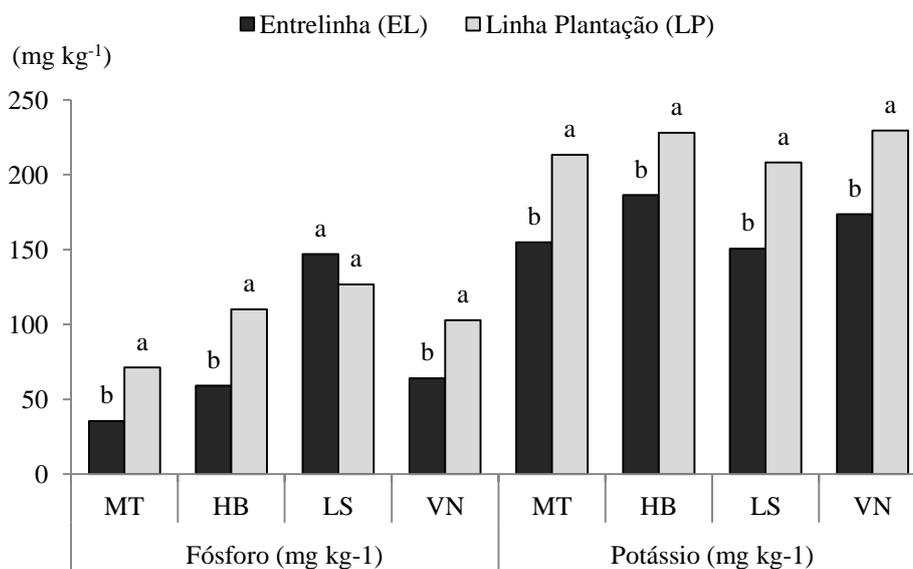


Figura 4 – Fósforo e potássio extraíveis (mg kg<sup>-1</sup>) por tratamento na camada 0-5 cm. Para o mesmo tratamento e variável, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ). MT = solo nu ao longo de todo o ano; HB = cobertura do solo por vegetação natural; LS = cobertura do solo por espécies de leguminosas semeadas; VN = cobertura do solo por vegetação natural.

Quadro 1 – Concentração de carbono no solo (C), quantidade de matéria seca (MS) dos resíduos orgânicos acumulados à superfície e percentagem de coberto vegetal herbáceo nos diversos tratamentos (média  $\pm$  desvio-padrão,  $n = 32$  por tratamento). Médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

Tratamento	C (g kg <sup>-1</sup> )	MS (g m <sup>-2</sup> )	Coberto vegetal (%)
MT	9,3 $\pm$ 0,8 <sup>c</sup>	0,0 <sup>b</sup>	27,2 $\pm$ 21,4 <sup>c</sup>
HB	11,0 $\pm$ 0,7 <sup>b</sup>	134,7 $\pm$ 89,6 <sup>a</sup>	62,9 $\pm$ 22,6 <sup>a</sup>
LS	13,3 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	126,8 $\pm$ 72,7 <sup>a</sup>	70,8 $\pm$ 25,1 <sup>a</sup>
VN	9,9 $\pm$ 0,7 <sup>bc</sup>	129,6 $\pm$ 76,3 <sup>a</sup>	57,9 $\pm$ 29,6 <sup>b</sup>

Quadro 2 – Bases de troca e valores de pH por tratamento e situação na camada 0-5 cm (média  $\pm$  desvio-padrão,  $n = 16$  por tratamento e situação). Para o mesmo tratamento. Médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

Tratamento	Situação	pH (H <sub>2</sub> O)	Bases de troca				SBT
			Ca	Mg	K	Na	
			cmol(+) kg <sup>-1</sup>				
MT	EL	5,6 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	3,6 $\pm$ 1,6	1,2 $\pm$ 0,7	0,4 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	0,2 $\pm$ 0,0	5,5 $\pm$ 2,3
	LP	6,0 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	4,2 $\pm$ 1,6	1,2 $\pm$ 0,6	0,7 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	0,3 $\pm$ 0,0	6,3 $\pm$ 2,1
HB	EL	5,2 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	2,3 $\pm$ 1,1	0,6 $\pm$ 0,3	0,6 $\pm$ 0,2	0,2 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 1,5
	LP	5,7 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	3,0 $\pm$ 1,1	0,7 $\pm$ 0,2	0,7 $\pm$ 0,2	0,3 $\pm$ 0,3	4,6 $\pm$ 1,5
LS	EL	5,5 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	4,4 $\pm$ 2,5	1,0 $\pm$ 0,9	0,5 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	0,3 $\pm$ 0,1	6,2 $\pm$ 3,4
	LP	6,0 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	5,7 $\pm$ 1,0	1,4 $\pm$ 0,5	0,7 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	0,2 $\pm$ 0,1	8,1 $\pm$ 1,2
VN	EL	5,5 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	3,2 $\pm$ 1,3	0,7 $\pm$ 0,3	0,6 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	0,3 $\pm$ 0,1	4,8 $\pm$ 1,8
	LP	5,9 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	4,1 $\pm$ 1,2	0,8 $\pm$ 0,2	0,8 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	0,3 $\pm$ 0,1	5,9 $\pm$ 1,5

SBT – Soma das bases de troca

Quadro 3 – Índices de enriquecimento (IE) de propriedades químicas do solo por tratamento na camada 0-5 cm.

Tratamento	pH	C	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	K	Na	SBT
MT	1,1	1,8	2,0	1,4	1,2	1,0	1,8	1,5	1,1
HB	1,1	1,2	1,9	1,2	1,3	1,2	1,2	1,5	1,2
LS	1,1	1,3	0,9	1,4	1,3	1,4	1,4	0,7	1,3
VN	1,1	1,2	1,6	1,3	1,3	1,1	1,3	1,0	1,2