

Efeito da Substituição de Espécies Florestais nos Horizontes Orgânicos e Características Químicas do Solo

Felícia Fonseca*, Alzira Guerra e Clotilde Nogueira*****

* Professora Adjunta

** Assistente do 2º Triénio

*** Engenheira Florestal

Departamento de Geociências. Escola Superior Agrária de Bragança, Campus de Santa Apolónia, Apartado 172, 5301-855 BRAGANÇA

Sumário. Com o presente trabalho pretende-se avaliar a influência da substituição de áreas de *Quercus pyrenaica*, que constitui a vegetação climácica da Serra da Nogueira, situada no Nordeste de Portugal, pela espécie *Pseudotsuga menziesii*, em algumas características químicas do solo. Para o efeito, seleccionaram-se três áreas de amostragem em zonas adjacentes com condições edafo-climáticas idênticas: uma de *Quercus pyrenaica* (QP), representativa da situação inicial, uma de *Pseudotsuga menziesii* com 40 anos (PM40) e uma de *Pseudotsuga menziesii* com 15 anos (PM15). Em cada área de amostragem, elegeram-se de forma aleatória 10 locais, onde se recolheu material orgânico numa área de 0,25 m² e amostras de solo nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, em cada um dos locais. Os resultados indicam que a acumulação de resíduos orgânicos é mais elevada nos solos sob as resinosas (PM40 e PM15), que sob a folhosa (QP). Quando se comparam as concentrações em elementos minerais nos resíduos dos horizontes orgânicos, observam-se menores concentrações para a espécie PM15, o que se reflecte nas características químicas do solo, desenvolvido sob aquela espécie, com maior acidez e menor teor em carbono, azoto, potássio e bases de troca, principalmente, nas camadas mais profundas. Entre o solo desenvolvido sob PM40 e o solo na situação inicial (QP) as diferenças são menos notórias, o que parece indicar que os efeitos produzidos pela espécie introduzida tendem a diluir-se no tempo.

Palavras-chave: *Quercus pyrenaica*; *Pseudotsuga menziesii*; resíduos orgânicos; nutrientes

The Effect of the Substitution of Forest Species in the Organic Horizons, and Chemical Characteristics of the Soil

Abstract. The aim of this study was to evaluate the influence of substituting areas of *Quercus pyrenaica*, which constitute the autochthonous vegetation of Serra da Nogueira in the North of Portugal, with *Pseudotsuga menziesii* on the chemical characteristics of the soil. For this evaluation, three sampling areas were selected in adjacent zones with similar soil and climatic conditions. The first zone, containing *Quercus pyrenaica* (QP), which represents the soil in its initial state. The second, a 40 year-old *Pseudotsuga menziesii* (PM40) zone, and the last a 15 year-old *Pseudotsuga menziesii* (PM15) zone. In each sampling area, 10 plots were randomly selected. In each of these the organic material from a 0.25 m² area, and soil samples from depths of 0-5 cm, 5-10 cm and 10-20 cm were collected. The results revealed that the accumulation of organic

1º Autor E-mail: ffonseca@ipb.pt

residues in the soil is elevated more with the resinous *PM40* and *PM15* than with the deciduous *QP*. Having compared the concentration of mineral elements of the organic horizon residues a lower concentration was detected in the *PM15* species. These are reflected in the chemical characteristics of the soil with a greater acidity and less carbon, nitrogen, potassium and exchangeable basis. The differences between the soil that developed under the *PM40*, and the soil in the initial state (*QP*), are less evident. It seems that with time, the characteristics of the soil, which developed under the *Pseudotsuga menziesii* species tends to become similar to that of the soil in its initial state.

Key words: *Quercus pyrennaica*; *Pseudotsuga menziesii*; litterfall; nutrients

Effet du Remplacement d'Espèces Forestières Dans les Horizons Organiques et Caractéristiques Chimiques du Sol

Résumé. Il s'agit, par ce travail, d'évaluer l'influence du remplacement des zones de *Quercus pyrennaica*, qui constitue la végétation climatique de la Serra da Nogueira, située dans le nord-est du Portugal, par l'espèce *Pseudotsuga menziesii*, dans certaines caractéristiques chimiques du sol. Pour cela, trois zones d'échantillonnage ont été sélectionnées dans des terrains adjacents dont les conditions édapho-climatiques sont identiques: l'un de *Quercus pyrennaica* (*QP*), représentant la situation initiale, un autre de *Pseudotsuga menziesii* de 40 ans (*PM40*) et le dernier de *Pseudotsuga menziesii* de 15 ans (*PM15*). Dans chaque zone d'échantillonnage on a choisi, de façon aléatoire, 10 endroits d'où ont été retirés le matériel organique sur une surface de 0.25 m² ainsi que des échantillons de sol dans des profondeurs de 0 à 5 cm, 5 à 10 cm et 10 à 20 cm. Les résultats indiquent que l'accumulation de résidus organiques est plus élevée dans les sols sous les résineux (*PM40* et *PM15*) que sous les feuillus (*QP*).

Lorsqu'on compare les concentrations d'éléments minéraux dans les résidus des horizons organiques, on observe de faibles concentrations pour l'espèce *PM15*, ce qui se reflète dans les caractéristiques chimiques du sol, qui s'est développé sous cette espèce, avec plus d'acidité et moins de concentration de carbone, azote, potasse et bases d'échange, principalement, dans les couches plus profondes. Les différences entre le sol développé sous le *PM40* et le sol de la situation initiale (*QP*) sont moins notoires, ce qui semble indiquer que les effets produits par l'espèce introduite ont tendance à se diluer avec le temps.

Mots clé: *Quercus pyrennaica*; *Pseudotsuga menziesii*; matériel organique; éléments minéraux

Introdução

A natureza e a quantidade de folhada produzida pelas diferentes espécies florestais, apresentam elevada importância no tipo de matéria orgânica formada. Com efeito, a vegetação constitui a principal fonte de resíduos da fracção orgânica do solo, pelo que é de esperar que esta afecte, de forma mais ou menos marcada, o teor e propriedades daquele constituinte, por sua vez determinante de uma série de processos que intervêm na pedogénese e na evolução do solo.

A vegetação desempenha um papel

relevante na pedogénese, resumindo-se as suas principais acções, a processos relacionados com a formação de matéria orgânica e de complexos organo-minerais, bem como reciclagem de nutrientes e troca de catiões. A evolução simultânea do solo e da vegetação permite estabelecer um paralelismo entre o desenvolvimento dos perfis edáficos e a sucessão fitossociológica (DE PEDRO, 1989). O solo, até atingir o equilíbrio dinâmico, passa por uma série de etapas que constituem uma evolução progressiva. Neste processo evolutivo, destaca-se a importância da vegetação, quer na

manutenção do equilíbrio biológico em interacção com a microflora e a fauna, quer no equilíbrio bioquímico através da humificação e pela participação no ciclo biogeoquímico.

A velocidade de decomposição dos resíduos vegetais pode ser mais lenta ou mais rápida, conforme a sua natureza. De um modo geral, é aceite que os resíduos orgânicos de espécies resinosas se decompõem mais lentamente, devido à presença de compostos polifenólicos não hidrolizáveis, na folhada acicular produzida. Estes compostos estão presentes na estrutura das paredes celulares, dificultando o ataque por microorganismos celulolíticos e hemicelulolíticos (FAULDS e WILLIAMSON, 1999), originando húmus do tipo *mor* ou *mull ácido* que liberta pouco azoto mineral. Contrariamente, resíduos de espécies folhosas decompõem-se mais rapidamente, devido à existência de compostos fenólicos solúveis, formando húmus do tipo *mull* ou *moder*. De acordo com DUCHAUFOR (1977), o tipo de húmus formado é reflexo das condições do meio e da vegetação, exercendo uma acção determinante sobre a evolução dos horizontes minerais.

Além de influenciar as características do solo, a matéria orgânica contribui para a retenção de CO₂, actuando como um regulador deste gás na atmosfera, em conformidade com as mudanças climáticas.

A perspectiva do aumento da quantidade de carbono na atmosfera tem chamado a atenção para o elevado interesse do papel dos ecossistemas florestais no ciclo global do carbono (ESWARAN *et al.*, 1993). Por este motivo, a capacidade de armazenamento de carbono pelas diferentes espécies deve funcionar como instrumento de apoio à

decisão, quando se pretende introduzir novas espécies. PEARCE (1989) refere que os povoamentos de abetos vermelhos (*Picea abies*), nas terras altas da Escócia, contêm por hectare talvez apenas um terço do carbono, que se poderia encontrar nas antigas florestas de carvalhos. O seu rápido crescimento indica que estas árvores retiram uma grande quantidade de carbono da atmosfera, mas, as curtas rotações, podem implicar um rápido retorno para a mesma, dependendo da utilização dada ao material proveniente do corte.

O presente trabalho tem por objectivo avaliar a influência da substituição de áreas de *Quercus pyrenaica*, que constitui a vegetação climácica da Serra da Nogueira, Nordeste de Portugal, pela espécie *Pseudotsuga menziesii*, em algumas características químicas do solo.

Material e métodos

A área de estudo localiza-se na Serra da Nogueira, Nordeste de Portugal, 41°45'N e 6°52'W, na faixa entre os 1000 e os 1100 m de altitude. A precipitação média anual é de 1052 mm com precipitação média estival de 41 mm. A temperatura média anual é de 11,9°C com médias mensais que variam entre 27,9°C (Agosto) e 0,9°C (Janeiro) (INMG, 1991). De acordo com AGROCONSULTORES e COBA (1991) os solos estão integrados na unidade Leptosolos dístricos órticos derivados do xisto com alguma pedregosidade e poucos afloramentos rochosos.

Para avaliar o impacto da substituição de espécies nas características dos horizontes orgânicos e minerais, foram seleccionadas três áreas de amostragem, uma de *Pseudotsuga menziesii* com 40 anos (PM40), outra de *Pseudotsuga*

menziesii com 15 anos (PM15) e outra, que representa a situação de referência, *Quercus pyrennaica* (QP), em zonas adjacentes e com características edafo-climáticas idênticas. Os povoamentos têm exposição NW e declives variáveis entre 5% (QP) e 15% (PM40).

Trata-se de povoamentos públicos (balديو), tendo sido os povoamentos de *Pseudotsuga menziesii* (PM40 e PM15) resultantes de plantação, com plantas de viveiro produzidas em saco instaladas num compasso de 4 × 2 m e o povoamento de *Quercus pyrennaica* de regeneração natural. Os povoamentos de *Pseudotsuga menziesii* foram sujeitos a uma operação de desrama por volta dos 12 anos de idade e no povoamento de PM40 foi realizado ainda um desbaste aos 20 anos, apresentando actualmente um compasso de 4 × 4 m. Um ano antes da recolha de amostras, foi realizada uma limpeza de mato nestes povoamentos. O povoamento de *Q. Pyrennaica* é explorado exclusivamente para combustível doméstico (lenha), sem recurso a cortes rasos, constituindo na região uma importante actividade económica. A caracterização dos povoamentos é apresentada no Quadro 1.

Em cada área de amostragem foram seleccionados, de forma aleatória, 10 locais onde se procedeu à recolha do material orgânico numa área de 0,25 m² por local. As amostras de material orgânico foram secas a 65°C até peso

constante, moídas e analisadas para os elementos C, N, P, K, Ca e Mg. O carbono orgânico foi determinado por perda de peso após incineração de 1g de amostra, a 450°C durante 6 horas com três repetições, partindo da concentração de 58% de C na matéria orgânica; o azoto orgânico pelo método Kjeldahl; o cálcio, magnésio e potássio por via húmida com HClO₄+HNO₃ e determinados por espectrofotometria de absorção atómica.

Nos mesmos locais, onde se recolheu o material orgânico, procedeu-se à recolha de amostras nos horizontes minerais, nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, seguida de secagem a 45°C e crivagem, com crivo de malha de 2 mm. As amostras foram analisadas para os seguintes parâmetros químicos: valor de pH, teores de C, N, P, K e bases de troca. Os valores de pH foram determinados numa suspensão de solo:água (1:2,5) usando um eléctrodo de vidro; o carbono foi determinado pelo método WALKLEY-BLACK (1934); o azoto pelo método Kjeldahl; o fósforo e potássio extractáveis pelo método de Egner-Riehm, descrito por BALBINO (1968); a determinação das bases de troca foi realizada através da extracção com uma solução de NH₄CH₃COO 1M a pH 7,0 (THOMAS, 1982) e posterior leitura por espectrofotometria de absorção atómica.

Quadro 1 – Caracterização actual dos povoamentos

Povoamento	N Arv ha ⁻¹	t anos	h _{dom} m	d _g cm	G m ² ha ⁻¹
<i>P. menziesii</i> (PM40)	3800	40	20,1	27,7	229,3
<i>P. menziesii</i> (PM15)	6700	15	13,9	16,6	144,3
<i>Q. pyrennaica</i> (QP)	19300	-	8,5	7,3	81,6

N - densidade; t - idade; h_{dom} - altura dominante; d_g - diâmetro médio; G - área basal

A apreciação da densidade do copado foi efectuada visualmente de forma qualitativa, por observação directa no terreno, para as espécies *PM15*, *PM40* e *QP*.

De forma a testar o possível efeito da substituição de espécies nas características do solo, os dados foram tratados estatisticamente com recurso à análise de variância e as diferenças analisadas através do teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

A quantidade total de folhada é superior nas resinosas, *PM40* (32,2 t/ha) e *PM15* (16,2 t/ha), do que na folhosa *QP* (9,6 t/ha) (Figura 1).

Estes resultados parecem estar relacionados com a taxa de decomposição, pois sob as resinosas é notória, à superfície, a presença de uma grande quantidade de restos orgânicos pouco decompostos, ao contrário, sob a folhosa

observa-se menor quantidade de material orgânico, o que sugere uma mais rápida decomposição e consequente ligação à fracção mineral. Resultados idênticos foram obtidos por VIQUEIRA *et al.* (1982), RAPP (1984) e FONSECA (1997). Entre as resinosas as diferenças parecem também dever-se à idade dos povoamentos e à sucessiva maior densidade de copado observada de *PM15* para *PM40*.

Quando se avalia a composição química dos resíduos orgânicos verifica-se uma maior concentração em todos os elementos minerais avaliados para a espécie *QP*, sendo as diferenças significativas quando comparada com *PM15*. Entre *PM40* e *QP*, os valores das concentrações aproximam-se, registando-se apenas diferenças significativas para o C e N. Todos os resíduos orgânicos apresentam carácter ácido, com acidez significativamente mais elevada sob *PM15* (Quadro 1).

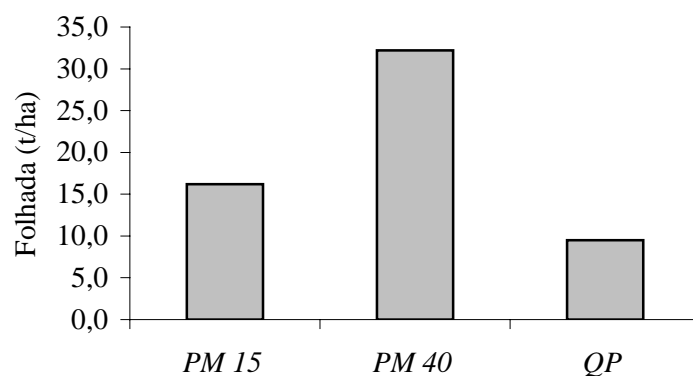


Figura 1 - Quantidade total de folhada (t /ha) para as espécies *PM15*, *PM40* e *QP*

O regime de exploração comumente utilizado para a espécie *QP*, apresenta rotações mais longas o que permite maior eficiência no armazenamento de C. Assim, esta espécie poderá ter uma maior importância no armazenamento daquele elemento em ecossistemas terrestres, o que também pode ser confirmado pelo teor de C nos horizontes minerais do solo (Quadro 2). A natureza e características dos resíduos orgânicos, são susceptíveis de influenciar a taxa de mineralização de N (FYLES *et al.*, 1991), o que pode justificar a significativamente maior concentração de N observada nos resíduos da espécie *QP* (Quadro 1). A relação C/N, para as espécies em estudo, apresenta valores que se situam entre 30

e 45, que segundo VIQUEIRA *et al.* (1986) corresponde a uma libertação lenta de N. No que respeita ao P, K, Ca e Mg, as concentrações tendem a aumentar com a idade dos povoamentos de *Pseudotsuga menziesii* (de *PM15* para *PM40*), o que se reflecte nas características dos solos desenvolvidos sob aquelas espécies.

Ao nível dos horizontes minerais, observa-se uma diminuição dos teores em elementos químicos com a profundidade no solo sob *QP*, sendo essa variação menos evidente, nos solos sob *PM15* e *PM40* (Quadro 3 e 4), o que poderá estar relacionado com perturbações antrópicas, designadamente, com a realização de uma limpeza de mato nestes povoamentos.

Quadro 2 – Valor de pH e concentrações dos elementos C, N, P, K, Ca e Mg nos horizontes orgânicos sob *PM15*, *PM40* e *QP*

Espécie	pH H ₂ O	C	N	P	K	Ca	Mg	C/N
		g kg ⁻¹						
<i>PM 15</i>	5,1 ^a	472 ^a	12,5 ^a	0,9 ^a	2,08 ^a	1,82 ^a	2,21 ^a	38,3 ^a
<i>PM 40</i>	5,4 ^b	450 ^a	12,3 ^a	1,2 ^b	2,47 ^a	2,14 ^b	2,88 ^b	36,9 ^a
<i>QP</i>	5,5 ^b	517 ^b	14,6 ^b	1,3 ^b	3,02 ^b	2,35 ^b	3,26 ^b	35,6 ^a

Valores da mesma coluna com letras diferentes diferem significativamente (p<0,05)

Quadro 3 – Concentrações totais de C e N, teores extractáveis de P₂O₅ e K₂O, valor de pH e relação C/N nos solos sob *PM15*, *PM40* e *QP*

Espécie	Prof. cm	pH H ₂ O	C	N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹	
<i>PM 15</i>	0-5	5,7 ^a	29,6 ^a	2,8 ^a	10,6 ^a	10 ^{ab}	93 ^a
<i>PM 40</i>		6,0 ^b	47,4 ^b	4,1 ^b	11,7 ^a	7 ^a	123 ^a
<i>QP</i>		6,0 ^b	58,4 ^c	5,0 ^b	11,4 ^a	13 ^b	163 ^b
<i>PM 15</i>	5-10	5,5 ^a	28,5 ^a	3,0 ^a	9,4 ^a	7 ^a	54 ^a
<i>PM 40</i>		6,0 ^b	47,4 ^b	4,1 ^b	11,5 ^b	8 ^a	83 ^b
<i>QP</i>		6,0 ^b	48,5 ^b	4,3 ^b	11,4 ^b	8 ^a	117 ^c
<i>PM 15</i>	10-20	5,6 ^a	30,0 ^a	2,9 ^a	9,9 ^a	6 ^a	52 ^a
<i>PM 40</i>		6,0 ^b	46,4 ^b	4,2 ^b	11,0 ^a	5 ^a	74 ^b
<i>QP</i>		5,9 ^b	44,7 ^b	3,9 ^b	11,6 ^b	6 ^a	84 ^b

Valores da mesma camada e coluna com letras diferentes diferem significativamente (p<0,05)

Quadro 4 – Concentrações em bases de troca e soma de bases nos solos sob *PM15*, *PM40* e *QP*

Espécie	Prof. cm	Ca	Mg	K	Na	SBT
		cmol _c kg ⁻¹				
<i>PM 15</i>	0-5	3,02 ^a	1,02 ^a	0,29 ^a	0,21 ^a	4,53 ^a
<i>PM 40</i>		7,67 ^b	1,89 ^b	0,39 ^{ab}	0,26 ^a	10,21 ^b
<i>QP</i>		10,55 ^b	2,63 ^c	0,50 ^b	0,75 ^a	14,42 ^c
<i>PM 15</i>	5-10	2,60 ^a	0,81 ^a	0,17 ^a	0,22 ^a	3,81 ^a
<i>PM 40</i>		8,14 ^b	2,08 ^b	0,29 ^b	0,34 ^a	10,79 ^b
<i>QP</i>		7,78 ^b	2,10 ^b	0,36 ^b	0,34 ^a	10,59 ^b
<i>PM 15</i>	10-20	3,00 ^a	0,89 ^a	0,17 ^a	0,41 ^a	4,47 ^a
<i>PM 40</i>		8,41 ^b	2,17 ^b	0,25 ^a	0,37 ^a	11,10 ^b
<i>QP</i>		5,61 ^{ab}	1,68 ^b	0,26 ^a	0,32 ^a	7,87 ^b

Valores da mesma camada e coluna com letras diferentes diferem significativamente ($p < 0,05$)

Verificam-se maiores concentrações dos elementos C, N, Ca, Mg e K₂O para as espécies *PM40* e *QP*, que de um modo geral, não diferem significativamente entre si, apresentando, no entanto, diferenças significativas quando comparadas com *PM15*. O solo sob *PM15*, revela um carácter mais ácido, com diferenças significativas relativamente a *PM40* e *QP*, o que é confirmado pela menor concentração de bases de troca do mesmo, por sua vez dependentes da natureza dos resíduos orgânicos produzidos por aquela espécie. As diferenças observadas nos solos desenvolvidos sob *PM15* podem também dever-se ao menor período de tempo de recuperação das perturbações causadas aquando da sua instalação.

Como esperado, nos três solos estudados, ocorre uma redução acentuada do teor em N, do horizonte orgânico para os horizontes minerais do solo, o que também foi observado por PRITCHETT e FISHER (1987), GRIGAL *et al.* (1991) e FONSECA (1997). Esta diminuição está associada, essencialmente, com processos de lixiviação e desnitrificação e de imobilização temporária de N pelos

organismos do solo (PRITCHETT e FISHER, 1987, SANTOS, 1991). Os baixos valores observados para a razão C/N, entre 9 e 12, são indicativos de uma rápida humificação (DUCHAUFOR, 1977). A soma de bases de troca regista um aumento considerável de *PM15* para *PM40* o que se reflecte nos valores de pH, passando de solos ácidos a solos subácidos, respectivamente (COSTA, 1985). A concentração de bases de troca do solo está associada, em grande parte, com a natureza dos resíduos orgânicos produzidos e com a possibilidade daquelas serem mantidas no sistema. Os teores de P₂O₅ parecem não ser afectados pela substituição de espécies, enquanto que os teores de K₂O tendem a diminuir com aquela substituição.

Conclusões

A acumulação de resíduos orgânicos no solo é mais elevada sob *PM15* e *PM40* do que sob *QP*. As concentrações em elementos químicos, no horizonte orgânico, aumentam com a idade dos povoamentos de *Pseudotsuga menziesii*, isto é de *PM15* para *PM40*, o que se

reflece nas características químicas desenvolvidas sob aqueles solos. Aparentemente, com o decorrer do tempo (ao fim de 40 anos), as características do solo desenvolvido sob a espécie *Pseudotsuga menziesii* tendem a aproximar-se das do solo na situação de referência (QP).

Bibliografia

- AGROCONSULTORES & COBA, 1991. *Carta dos Solos do Nordeste de Portugal*. UTAD, Vila Real.
- BALBINO, L.R., 1968. La méthode Egner-Riehm et la détermination du phosphore et du potassium «assimilável» des sols du Portugal. II Col. *Mediterrânico Contrl. Fert. Plantas Cultivadas* pp. 55-65, Sevilha.
- COSTA, J.B., 1985. *Caracterização e Constituição do Solo*. 3ª edição. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- DE PEDRO, F.V. 1989. Humus y evolucion regresiva de los suelos. *Ecologia* 3 : 43-47.
- DUCHAUFOR, PH., 1977. *Pédologie 1. Pedogénese et Classification*. Ed. Masson, Paris.
- ESWARAN, H., BERG, E.V.D., REICH, P., 1993. Organic Carbon in Soils of the World. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57 : 192-194.
- FAULDS, C.B., WILLIAMSON, G., 1999. The role of hydroxycinnamates in the plant cell wall. *J Sci Food Agri.* 79 : 393-395.
- FYLES, J.W., FYLES, I.H., FELLER, M.C., 1991. Nitrogen mineralization characteristics of forest floor organic matter on slash-burned sites in coastal British Columbia. *Can. J. For. Res.* 21 : 235-241.
- FONSECA, F., 1997. *Implicações do tipo de coberto florestal nos horizontes orgânicos e minerais do solo. Aplicação a quatro povoamentos na Serra da Padrela, N. de Portugal*. Dissertação de Mestrado. UTAD, Vila Real.
- GRIGAL, D.F., MCROBERTS, R.E., OHMANN, L.F., 1991. Spatial variation in chemical properties of forest floor and surface mineral soil in the North Central United. *Soil Science* 151 : 282-290.
- 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.
- LUGO, A.E., BROWN, S., 1992. Tropical forests as sinks of atmospheric carbon. *Forest Ecology and Management* 54 : 239-255.
- PEARCE, F., 1989. *O Efeito de Estufa*. Universo da Ciência. Edições 70, Lisboa.
- PRITCHETT, W.L., FISHER, R.F., 1987. *Properties and Management of Forest Soils*. Second Edition. John Wiley & Sons, New York.
- RAPP, M., 1984. Répartition et flux de matière organique dans un écosystème à *Pinus pinea* L. *Ann. Sci. For.* 41(3) : 253-272.
- SANTOS, Q., 1991. *Fertilização – Fundamentos da Utilização dos Adubos e Correctivos*. Publicações Europa América, Mem Martins.
- THOMAS, G.W., 1982. Exchangeable cations. *In*: Page, A.C., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (eds.). *Methods of Soil Analysis*. Part 2. *Agronomy* 9 2nd ed., pp. 159-165. ASA/SSSA, Madison.
- VIQUEIRA, F.D.F., ANTA, R.C., GONZÁLEZ, A.P., 1982. As Espécies Florestais e os Solos da Galícia. *Publicacións do Seminário de Estudos Galegos*. Adiciós do Castro. Barcelona.
- WALKELEY, A., BLACK, I.A., 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37 : 29-37.

Entregue para publicação em Maio de 2003
Aceite para publicação em Outubro de 2003