

Matos do Parque Natural de Montesinho, NE de Portugal – produção de serviços ecossistémicos

Alice Bompastor¹, Tomás de Figueiredo², Felícia Fonseca².

¹ *Instituto Piaget, Campus Académico de Macedo de Cavaleiros, Escola Superior de Saúde Jean Piaget/Nordeste, alicer@portugalmail.com, Tlm. 969445188 (Pessoa a contactar);* ² *Escola Superior Agrária de Bragança, CIMO, Apartado 1172, 5301-855 Bragança, Portugal.*

Resumo

Os matos cobrem cerca de 1/3 dos 75 mil ha do PNM, englobando comunidades arbustivas de composição florística diversa. No PNM identificam-se os benefícios indirectos dos matos relacionados com as funções naturais que desempenham, podendo-se evidenciar o seu potencial de fornecimento de serviços ecossistémicos. O objectivo deste trabalho é o de contribuir para a quantificação desses benefícios. Apresentam-se os resultados de ensaios de simulação de chuva, em três espécies de matos (perdas de água e de solo e de carbono no sistema), permitindo quantificar os serviços ecossistémicos por eles realizados. Os matos contribuem de modo expressivo para os processos hidrológicos e para o armazenamento de carbono na área do PNM.

1 - Introdução

O solo é um recurso natural não renovável à escala da vida humana, e como tal, é indispensável a sua conservação. A degradação do solo está relacionada com a modificação dos seus constituintes, propriedades ou comportamento que conduza a alterações de sentido negativo das suas funções nos ecossistemas. Estas dizem respeito, fundamentalmente, à capacidade do solo para sustentar a vegetação (FIGUEIREDO, 2005).

Uma das formas de degradação do solo é a erosão e a chuva é um dos agentes que mais contribui para essa degradação (BERTONI *et al.*, 1990). A erosão hídrica conduz à redução da espessura do solo, à perda de nutrientes, e, entre outros aspectos, leva à perda de vegetação, causando também problemas a jusante como eutrofização, assoreamento das albufeiras e dos leitos dos rios (MORGAN & RICKSON, 1995).

A degradação e a má gestão no uso do solo levam à depleção e à diminuição da capacidade de armazenamento de carbono, constituindo o carbono orgânico do solo o maior reservatório deste elemento na biosfera terrestre (CHHABRA *et al*; 2003). O sequestro de carbono no solo representa uma estratégia de ganho, na medida em que restaura os solos degradados, aumenta a produção de biomassa, melhora a qualidade das águas de superfície e subterrâneas e reduz a taxa de enriquecimento de CO₂ atmosférico emitido pela queima de combustíveis fósseis (LAL, 2004). O sequestro de carbono pelo solo é assim visto como um processo que pode reduzir as emissões de CO₂ e seus potenciais impactos nas mudanças climáticas globais (OWENS *et al*; 2002).

O stock de carbono orgânico no solo é um componente importante no ciclo global, que tem o potencial de influenciar o clima global e, de acordo com POLYACOV & LAL (2004a), a erosão afecta a concentração de CO₂ na atmosfera.

Existem diversas comunidades vegetais qualificadas de matos, de elevada representatividade espacial, cuja contribuição para o armazenamento de carbono e cujo papel nos processos erosivos não estão devidamente esclarecidos. Os matos cobrem cerca de um terço dos 75 mil ha do Parque Natural de Montesinho (PNM), onde são um elemento estável na paisagem. Os matos cumprem aqui funções de regulação no quadro dos serviços ecossistémicos que prestam e a pertinência do seu contributo para os aspectos referidos (processos hidrológicos e armazenamento de carbono no sistema biomassa vegetal – horizonte orgânico – solo), acompanha as preocupações com a protecção do solo e com as alterações climáticas, muito presentes nos dias de hoje.

Com este trabalho pretende-se estudar a erosão hídrica do solo e a dinâmica do carbono em comunidades de matos no Parque Natural de Montesinho, com vista a melhor conhecer o seu potencial na realização de serviços ecossistémicos com função de regulação, como: i) sequestro de CO₂; ii) regulação climática e do ciclo da água; iii) retenção e formação do solo; iv) regulação do ciclo de nutrientes, v) prevenção de fenómenos catastróficos, vi) fornecimento de água. Trata-se de uma abordagem de campo à micro-escala com simulador de chuva, centrada nas espécies mais significativamente representadas no PNM.

2 – Breve caracterização da área de estudo: Parque Natural de Montesinho

O Parque Natural de Montesinho (PNM), cuja criação remonta aos anos 70 (Decreto-Lei nº 355/79 de 30 de Agosto), fica localizado no extremo nordeste de Portugal, fazendo fronteira com Espanha e engloba as serras de Montesinho e da Coroa. É

limitado a sul, grosso modo, por uma linha que liga Bragança a Vinhais, na designada Terra Fria Transmontana. Com uma superfície total de 74 600 hectares, a sua actual população não atinge 8 000 habitantes distribuídos por 91 aldeias.

É constituído por uma sucessão de elevações arredondadas e vales profundamente encaixados, com altitudes que variam entre os 438 m no rio Mente e os 1481 m na serra de Montesinho, a qual se encontra, com alguma frequência, coberta de neve nos meses de Inverno.

Os terrenos são predominantemente xistentos, tendo no entanto expressão afloramentos de rochas básicas e manchas graníticas na parte superior da serra de Montesinho e nos Pinheiros. Os solos são predominantemente delgados, pedregosos e ácidos, com teores de matéria orgânica relativamente elevados nas zonas mais altas e húmidas do Parque.

Do ponto de vista climático, e numa matriz mediterrânica, a área mostra influência da continentalidade mas, devido ao seu relevo, o PNM tem mesoclimas de montanha. A região situa-se na chamada Terra Fria Transmontana. Uma grande extensão do PNM está no andar Supra-mediterrânico (temperatura média anual entre 8 e 12°C), pertencente a um bioclima húmido (precipitação média anual entre 1000 e 1600 mm).

3 – Matos do Parque Natural de Montesinho

3.1 – Importância e distribuição

Os matos são espécies arbustivas espontâneas, com objectivos e funções bem determinadas no território do PNM, onde ocupam 1/3 da sua área (IPB/ICN, 2007).

A área de matos era considerada de incultos, sem qualquer utilidade para a população. Neste momento prevalece a perspectiva de que os Matos contribuem socioeconomicamente no PNM de forma positiva nas actividades agro-florestais como a caça, a produção de pequenos ruminantes e a apicultura (IPB/ICN, 2007).

A vegetação arbustiva do Parque Natural de Montesinho é constituída por: (i) Matos altos que se dividem em dois grandes grupos, os matagais de *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* (*Quercetea ilicis*) e giestais (*Cytisetea scopario-striati*); e, (ii) Matos baixos que se distribuem por três classes de vegetação, *Calluno-Ulicetea* (maioritariamente acidófilos meso-higrófilos), *Cisto-Lavanduletea* (maioritariamente acidófilos meso-xerófilos), e *Rosmarinetea officinalis* (calcícolas) (AGUIAR, 2005).

No PNM foram identificadas 129 comunidades repartidas por 31 classes de vegetação. No Quadro 1 encontram-se as classes de vegetação sobre as quais vai recair o estudo.

Quadro 1. Classes de vegetação presentes no PNM (AGUIAR, 2005; IPB/ICN, 2007).

Classes de Vegetação	Área (ha)
Vegetação subserial sufruticosa e arbustiva	
Vegetação sufruticosa subserial heliófila	
XXV. <i>Calluno-Ulicetea</i> – urzais, urzais-tojais e tojais	17905
XXVI. <i>Cisto-Lavanduletea</i> – estevais	4558
Vegetação arbustiva subserial de orlas de bosque	
XXVII. <i>Cytisetea scopario-striati</i> – giestais e piornais	2921
Total	25384

Os matos representam 34% da área do PNM, mostrando-se na Figura 1 a distribuição das três classes de vegetação indicadas no Quadro 1.

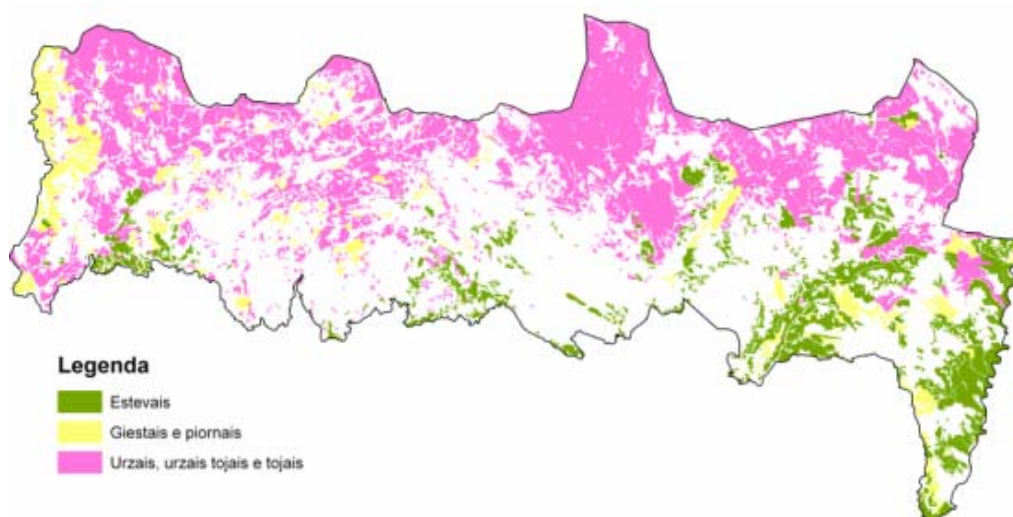


Figura 1. Distribuição dos Matos – Esteva, Giesta e Urze, no PNM (mapa produzido pelo Ligeo, ESA/IPB, no âmbito do projecto Edunather, 2007).

3.2 – Valores socioeconómicos – benefícios indirectos dos matos no PNM

No Plano de Ordenamento do Parque Natural de Montesinho (IPB/ICN, 2007), identificam-se e quantificam-se os benefícios indirectos dos ecossistemas presentes relacionados com as funções naturais que eles desempenham, de modo a evidenciar a distribuição territorial das zonas com maior e menor potencial de fornecimento de serviços ecossistémicos. Esta atribuição de valores é meramente ilustrativa porque não tem nenhum modelo analítico que a sustente. São valores meramente subjectivos, assentes na opinião de especialistas com base no seu conhecimento do território. Cada tipo de uso da terra está classificado com um índice que varia entre zero e três,

consoante a sua capacidade de fornecimento de serviços ecossistémicos (zero – não fornece qualquer serviço, três – máximo fornecimento do serviço em causa).

Da análise do Quadro 2 e para o uso da terra Matos, os vários tipos de serviços ecossistémicos apresentam valores que variam entre 2 e 3. Apenas para as funções de produção “madeira, lenhas” apresentam valor 1. Assim, os especialistas consideram os matos um tipo de uso do solo com fornecimentos de serviços importantes no PNM. Comparando os valores atribuídos aos matos com os outros tipos de uso da terra observa-se que os matos estão muito bem classificados. Como referido antes, estes valores são meramente indicativos de uma sensibilidade. Valerá a pena aqui sublinhar que o presente trabalho pretende fornecer informação cientificamente sustentada para melhor valorar as Funções de Regulação dos matos.



Quadro 2. Produção de serviços ecossistémicos no Parque Natural de Montesinho, segundo os tipos de uso da terra (IPB/ICN, 2007).

Tipos de serviços ecossistémicos	Tipos de Uso da Terra														
	Culturas Anuais Intensivas	Culturas Anuais Extensivas	Horta	Vinha	Souto	Pomar	Lameiro	Carvalho	Azínhal	Galerias Ripícolas	Pinhal	Castinçal	Outros povoamentos	Matos	Água
Funções de regulação															
Sequestro de CO ₂				1	3	1	1	3	3	3	*	3	3	2	
Regulação climática				1	3	1	1	3	3	3	*	3	3	2	
Prevenção de fenómenos catastróficos	3	3	3	2			3	3	2	3					
Regulação do ciclo da água	1	1	1	1	3	1	2	3	3	3	*	3	3	2	
Fornecimento de água															3
Retenção do solo				1	2	1	3	3	3	3	*	3	3	2	
Formação do solo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	*	2	2	2	
Regulação do ciclo de nutrientes							2	3	3	3	*	3	3	3	
Controlo biológico							2	3	3	3	*	3	3	3	
Funções de habitat															
Refúgio de biodiversidade	1	1	1	1	2	1	3	3	3	3	*	3	3	3	3
Funções de produção															
Alimentos	3	2	3	3	2	2	3	1							2
Madeira, lenhas					3			3	3	3	*	3	3	1	
Recursos genéticos	1	2	2	1	2	1	3	3	3	3	*	2	2	3	3
Substâncias de uso farmacêutico	1	2	3		2	2	3	3	1	2	1			3	1
Funções de informação															
Informação estética	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	*	2	2	3	3
Recreação							2	2	2	2	*	1	1	2	3
Informação artística e cultural	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	*	3	3	3	3
Informação espiritual e histórica	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	*	3	3	3	3
Educação e ciência	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	*	3	3	3	3

4 – Metodologias aplicada: breve descrição

Para quantificar os benefícios indirectos associados aos matos do Parque Natural Montesinho, relacionados com as funções naturais e de regulação que estes desempenham (IPB/ICN, 2007) – como é o caso de “sequestro de carbono”, “prevenção de fenómenos catastróficos” (por exemplo a erosão hídrica do solo), “retenção de solo” –, efectuaram-se ensaios experimentais, em resultado do que se aferiu o potencial de fornecimento de serviços ecossistémicos deste tipo de uso da terra.

Neste estudo, testou-se o efeito de condições simuladas de precipitação na erosão hídrica do solo em três comunidades vegetais presentes no PNM – os urzais, os estevais, e os giestais – e avaliou-se o carbono presente no sistema.

4.1 – Localização dos ensaios experimentais

A Figura 2 identifica geograficamente o local onde decorreu o estudo, concretamente entre as aldeias de França e Aveleda, a NE de Bragança.

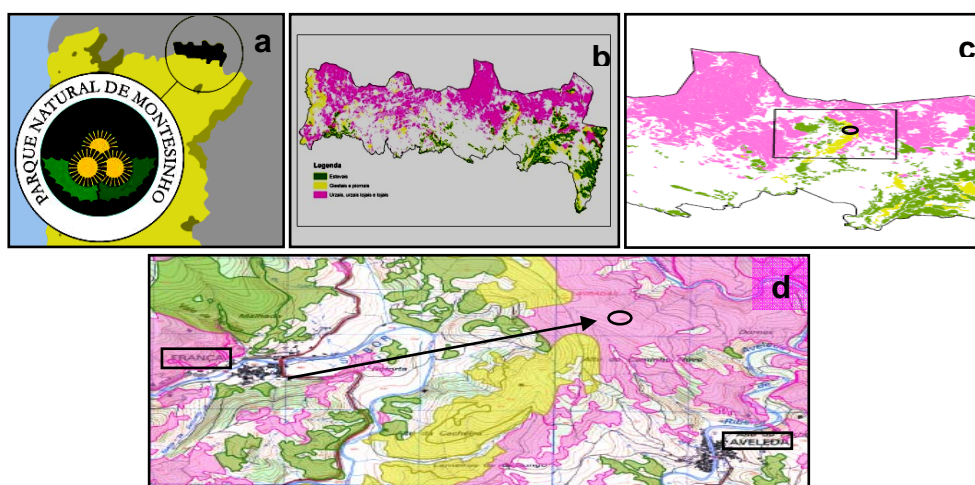


Figura 2. Parque Natural de Montesinho (PNM), a) o PNM em Portugal Continental; b) os matos no PNM; c) área de estudo; d) Local dos ensaios (ICN; mapas produzidos pelo Ligeo, ESA/IPB, no âmbito do projecto Edunather, 2007).

A área de ensaio encontra-se na denominada Terra Fria de Planalto, com uma precipitação anual de 800mm. Os solos integram-se predominantemente nas associações de unidades Leptossolos úmbricos de xistos, a uma altitude de cerca de 900m (COELHO, 2006; IPB/ICN, 2007).

A área de estudo foi seleccionada tendo em conta os objectivos do trabalho, e para tal analisou-se informação cartográfica digital relativa ao Parque Natural de Montesinho.

Informação complementar colhida em visitas de campo, permitiram identificar como área de ensaios o local assinalado na Figura 2 d).

Neste local reúnem-se as condições definidas no delineamento experimental quanto a morfologia do terreno e vegetação, realizando-se os ensaios concretamente nas espécies *Cistus ladanifer* (esteva), *Cytisus multiflorus* (giesta-branca) e *Erica australis ssp. aragonensis* (urze), (Figura 3).

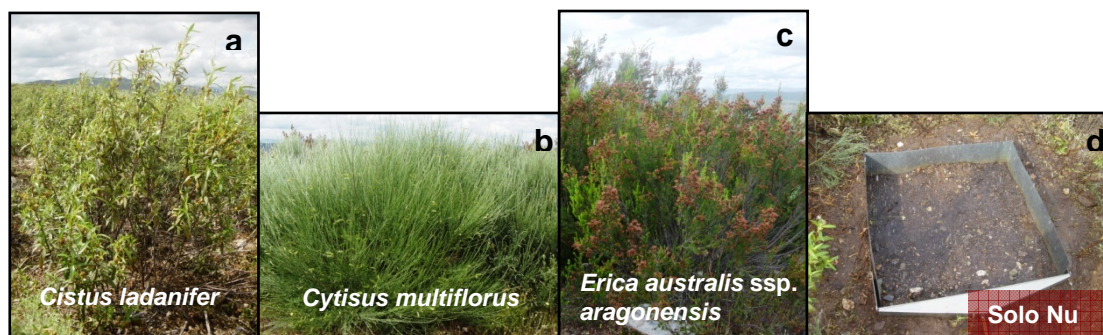


Figura 3. Vegetação nas parcelas simuladas: a) *Cistus ladanifer* (Esteva); b) *Cytisus multiflorus* (Giesta); c) *Erica australis ssp. aragonensis* (Urze); d) Solo nu.

4.2 – Delineamento experimental

No delineamento da experiência consideraram-se ensaios de campo a realizar nas seguintes condições (num total de 36 ensaios):

1. Áreas cobertas pelos 3 tipos principais de matos (Urzais, Giestais, Estevais);
2. Em 3 situações topográficas (declives < 10%; declive 10%-20%; declive 20%-30%), devido à topografia diversificada do terreno no PNM e por se tratar de um factor determinante para a erosão, na distribuição da vegetação e da matéria orgânica dos solos;
3. Homogeneidade quanto aos restantes factores do meio, como tipo de solo, altura e dimensão da vegetação;
4. Ensaios com 3 repetições em cada espécie e em cada declive;
5. Ensaio suplementar com corte raso da vegetação, para cada tipo de mato e em cada declive;

4.3 – Simulador de Chuva

O simulador de chuva foi utilizado, no sentido de avaliar a erosão do solo pela precipitação, tendo em conta as características da precipitação do local de estudo.



O simulador de chuva usado neste trabalho, Figura 4A, assemelha-se a um modelo proposto por WILCOX *et al.* (1986). É um simulador portátil de tipo aspersor, com altura e pressão de funcionamento ajustáveis dentro de certos limites, exigindo pois bombagem da água a partir de um bidão de nível constante.

Antes de iniciar o estudo foi calibrado, determinando-se a intensidade da precipitação, o diâmetro das gotas e a sua distribuição, a velocidade de impacto das gotas e a sua energia cinética, mediante ensaios em hangar.

A chuvada simulada aplicada nos ensaios tem as seguintes características:

- Duração de 30 minutos;
- Intensidade $37,46\text{mmh}^{-1}$;
- D50 das gotas 1,26mm;
- Altura de queda 2m;
- Energia cinética $458,77\text{Jm}^{-2}$

A intensidade da chuvada estimada para um período de retorno de 20anos e com duração de 30 minutos é de $36,3\text{mmh}^{-1}$ (dados da estação meteorológica da Quinta de Santa Apolónia, Bragança). A energia cinética da chuvada simulada corresponde a 48% da energia cinética de uma chuvada natural com a mesma intensidade, calculada pela fórmula (WISCHEMEIER & SMITH, 1958).

4.4 – Ensaios experimentais, amostragem e determinações laboratoriais

Cada ensaio comportou a instalação de uma parcela quadrada de 1m^2 no terreno (Figura 4C) e a simulação de uma chuvada de 30min, durante os quais se recolheu, de 10 em 10 minutos, o escoamento e o sedimento proveniente das parcelas.

Como a quantidade de sedimento obtida por escoamento e nas frentes (Figura 4B) foi sempre muito pequena, não foi possível determinar a massa de carbono transportada no sedimento.

No final da simulação de chuva, procedeu-se à avaliação visual da percentagem de coberto vegetal, a medição da altura da vegetação da parcela e realizou-se o corte raso da vegetação (Figura 4D).

Em laboratório procedeu-se à separação da vegetação por componentes, de acordo com as características morfológicas das espécies: (i) Frutos, folhas, raminhos, ramos, caule,

nas estevas; (ii) Frutos, raminhos, ramos, caule, nas giestas; (iii) Raminhos, ramos, caule, nas urzes.

Mediu-se também a espessura do horizonte orgânico e recolheu-se todo o material orgânico presente na parcela. Efectuou-se a medição do declive da parcela, utilizando para o efeito um nível digital.

Para avaliação da biomassa radical, a parcela de 1m^2 de área foi dividida em parcelas de $0,25\text{m}^2$ (Figura 4E), procedendo-se à selecção aleatória de uma destas e à recolha de todas as raízes aí presentes (Figura 4F).

As amostras de vegetação, horizonte orgânico e raízes foram pesadas após secagem a 65°C até peso constante, moídas e analisadas em laboratório com vista à determinação do teor de carbono.

Em cada parcela colheu-se uma amostra de solo por cada profundidade 0-5, 5-10 e 10-20cm. As amostras recolhidas foram secas a 45°C , crivadas (crivo de malha de 2mm) e analisadas em laboratório para determinação do teor de carbono.

Para a determinação da densidade aparente do solo, necessária para a expressão dos resultados de carbono no solo, utilizaram-se amostras não perturbadas colhidas com um cilindro de 100cm^3 de volume nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Posteriormente as amostras foram secas a 105°C e determinada a densidade aparente total.

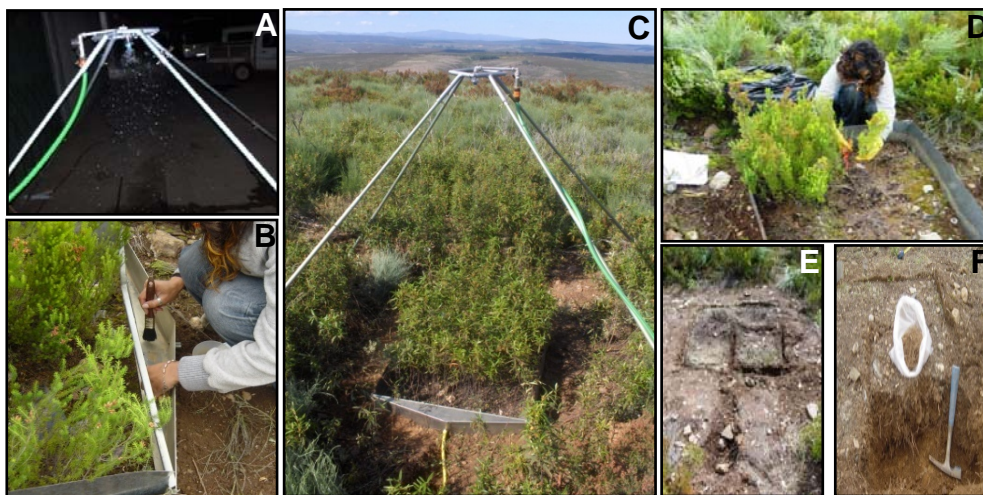


Figura 4. Ensaios experimentais: A) Simulador de chuva; B) Recolha de sedimento das frentes das parcelas; C) Parcela com o simulador de chuva; D) Corte da vegetação; E) Divisão da parcela em áreas de $0,25\text{m}^2$; F) Recolha das raízes numa área de $0,25\text{m}^2$.



5 - Resultados e Discussão

5.1 - Erosão hídrica

Os resultados foram analisados em termos relativos, comparando os diferentes matos, e deste modo estabelecendo uma escala de susceptibilidade para os casos ensaiados: *Cistus ladanifer* (estevas), *Cytisus multiflorus* (giesta-branca) e *Erica australis ssp. aragonensis* (urzes). Procurou-se relacionar esta escala com parâmetros caracterizadores da erodibilidade dos solos e do efeito protector da vegetação que contribuem para explicar os resultados obtidos.

5.1.1 - Escoamento e perda de solo

Os resultados obtidos para a erosão e escoamento superficial durante a simulação de chuva nos matos *Cistus ladanifer* (estevas), *Cytisus multiflorus* (giesta-branca) e *Erica australis ssp. aragonensis* (urzes) para os declives baixo (0-10%), médio (10-20%) e alto (20-30%) apresentam-se nas Figuras seguintes.

Como se pode observar na Figura 5, o Escoamento e a Perda de Solo é maior no solo nu, seguindo-se na esteva, urze e giesta. Os valores obtidos na perda de solo, nas 3 espécies em estudo e na parcela solo nu, não são significativamente diferentes. Pelo contrário, nos valores do escoamento existem diferenças significativas entre o solo nu e a giesta. Como seria de esperar, pode-se constatar que o solo nu, desprotegido sem vegetação nem horizonte orgânico é o mais susceptível aos problemas ambientais de erosão e escoamento. A nível das espécies, a giesta é a mais protectora do solo e a esteva a menos protectora.

Estes resultados dever-se-ão à morfologia de cada espécie, como a sua altura, a % coberto vegetal e a formação de horizonte orgânico. Quer-se com isto significar que, devido à morfologia da esteva esta fornece mais resíduos orgânicos ao solo do que a giesta e a urze (Figura 7), o que é uma forma de aumentar a quantidade de horizonte orgânico do solo. Este, por sua vez, protege o solo e fornece matéria orgânica ao mesmo. Em contrapartida, quando ocorrem chuvadas mais intensas (como no caso da chuvada simulada), o material removido da superfície é primeiramente o horizonte orgânico, aspecto que será retomado e explorado mais adiante.

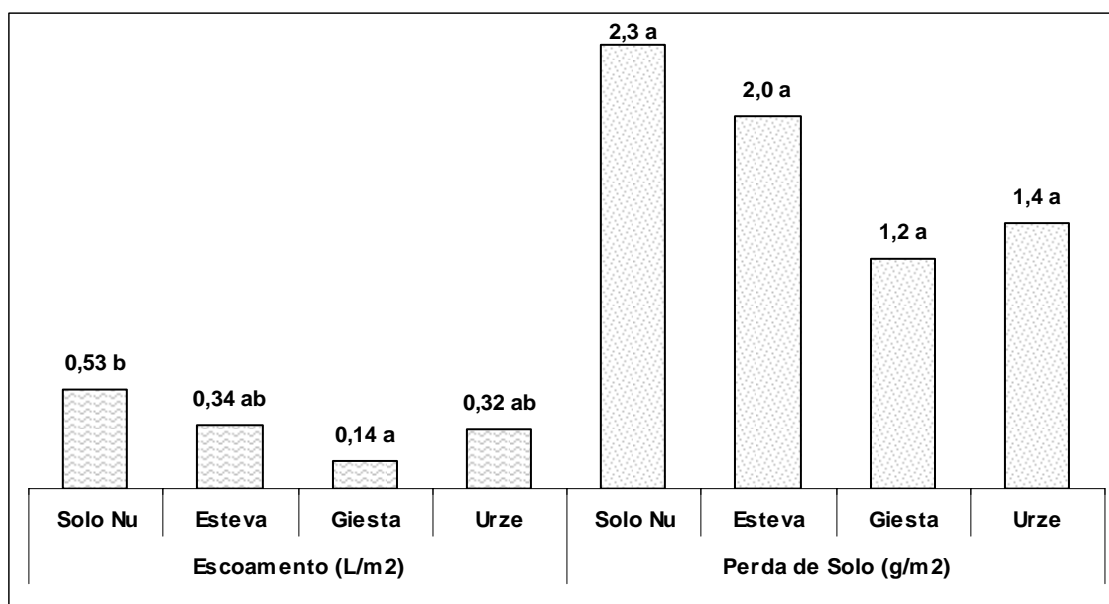


Figura 5. Escoamento e perda de solo: efeito da vegetação.

Nota: Para a mesma variável (escoamento ou perda de solo), valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

Pela análise dos resultados nos diferentes declives em estudo, pode-se constatar que existe menor escoamento no declive baixo, seguindo-se o declive médio e finalmente o declive alto, embora as médias não tenham sido significativamente diferentes (Figura 6). Os dados obtidos no escoamento são condizentes com a bibliografia (NORTCLIFF *et al.*, 1990).

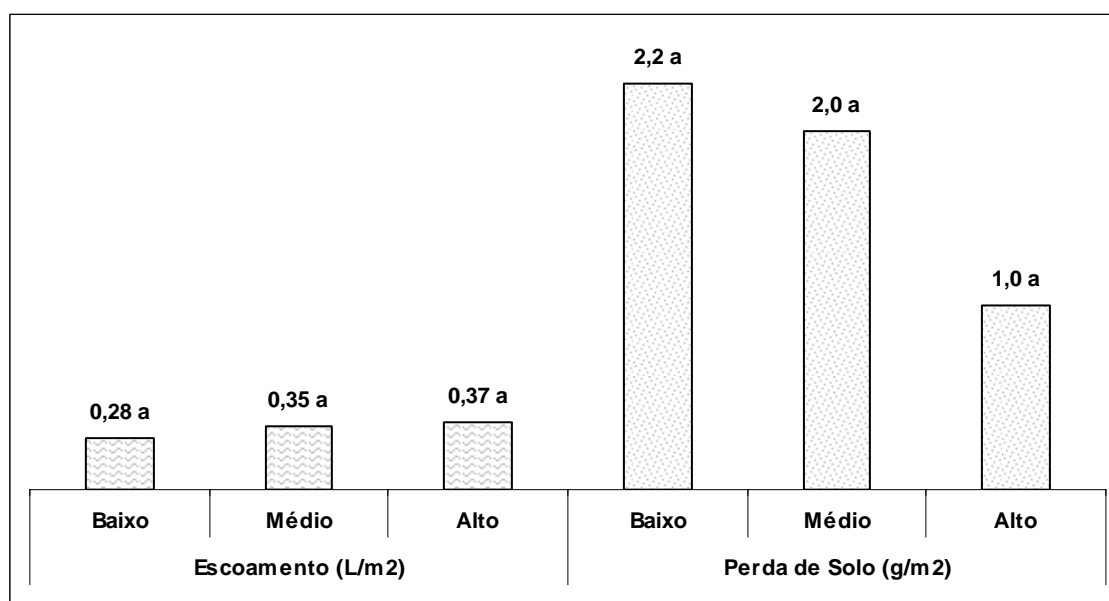


Figura 6. Escoamento e perda de solo: efeito do declive.

Nota: Para a mesma variável (escoamento ou perda de solo), valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

Relativamente à perda de solo as médias não foram significativamente diferentes, mas a maior quantidade de perda de solo obteve-se no declive baixo, seguindo-se o médio e o menor valor obteve-se no declive alto. Estes resultados contradizem o comumente aceite, isto é, perda de solo menor em declive baixo e maior em declive alto.

Tendo em conta certas características relativas às parcelas nos diferentes declives verificou-se que no declive baixo o horizonte orgânico (expresso em peso), a biomassa aérea e a % elementos grosseiros são maiores, e menores no declive alto, proporcionando maior protecção do solo e maior resistência a perda de solo (Figuras 8, 9, 10). Mas, Atente-se que, no declive baixo é maior o horizonte orgânico (expresso em peso) e, embora possa proteger o solo da erosão, também é maior a probabilidade de remoção de resíduos orgânicos aí presentes quando se ultrapasse certo limiar de intensidade de precipitação. Tal poderá explicar a maior quantidade de sedimento total recolhido durante os ensaios no declive baixo.

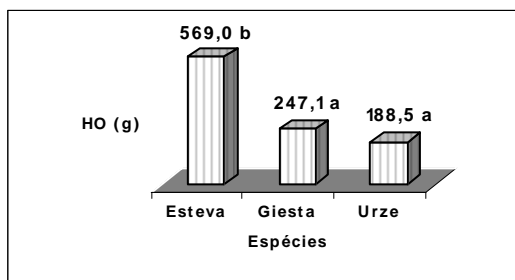


Figura 7. Horizonte orgânico: peso médio por espécie.

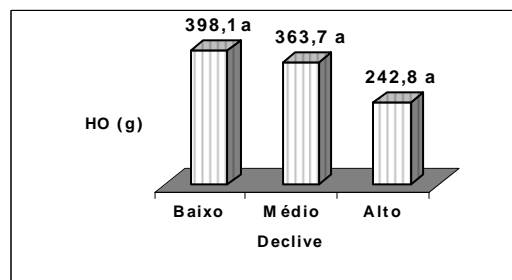


Figura 8. Horizonte orgânico: peso médio por declive

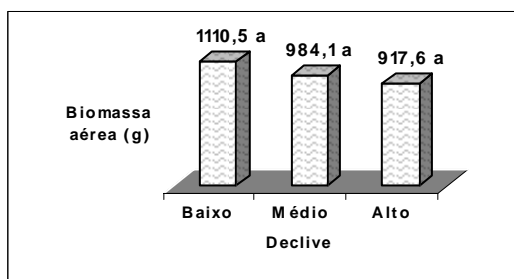


Figura 9. Biomassa aérea por declive.

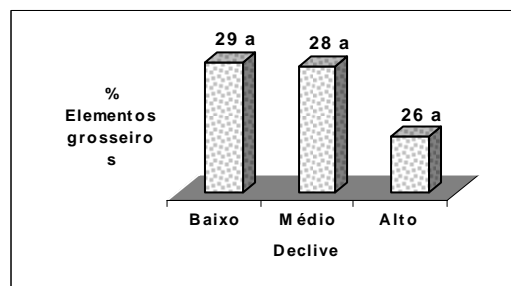


Figura 10. % Elementos grosseiros por declive.

Nota: Nos quatro gráficos, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

Para testar esta hipótese, foi-se analisar em detalhe os valores do sedimento recolhido, separando sedimento depositado nas frentes das parcelas e sedimento em suspensão na água de escoamento, valores a partir dos quais se calculou o sedimento total perdido. Obtiveram-se resultados que sustentam a hipótese posta anteriormente, como mostra a Figura 11.

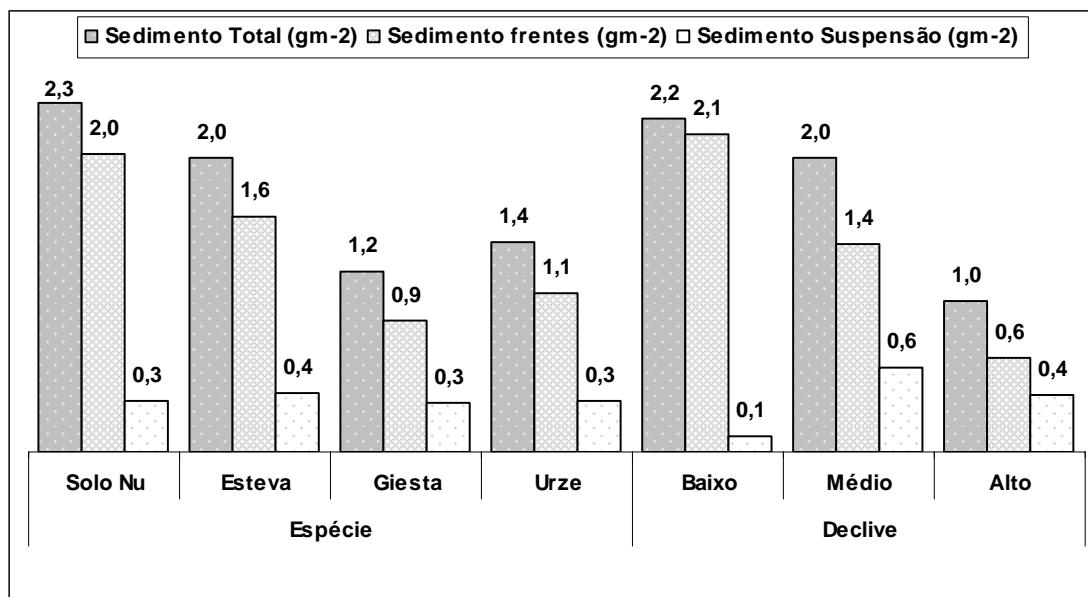


Figura 11. Perda de solo total, sedimento das frentes e sedimento suspensão: efeitos espécie e declive.

O sedimento capturado nas frentes das parcelas corresponde a valores muito elevados, próximos do sedimento total perdido, e são superiores no declive baixo e menores no declive alto, confirmando pois a hipótese antes avançada: a elevada quantidade de resíduos no horizonte orgânico (HO, g), embora podendo proteger o solo da erosão, pela sua posição superficial, terão maior possibilidade de ser exportados sob acção da precipitação, ficando retidos na frente da parcela de ensaio, e aumentando assim os valores da perda de solo total. Complementarmente, verifica-se que os valores obtidos de sedimento em suspensão são muito baixos no declive baixo, seguindo-se o declive alto e mais elevado no declive médio.

No declive alto neste caso não ocorreu o valor mais elevado de sedimento em suspensão, provavelmente influenciado pelo facto de aí se verificar, por comparação com os outros declives, um valor significativamente mais elevado de % humidade no solo no início da simulação. Isto terá levado a que as partículas do solo estivessem mais coesas, o que dificultou a sua remoção, sendo que também neste declive é baixo o valor

de HO (g), aspecto certamente com influência nos resultados já que nem resíduos orgânicos haveria disponíveis para exportar nestas parcelas. O declive médio tem o maior valor de sedimento em suspensão e o menor valor de % humidade no solo no início do ensaio (Figura 12).

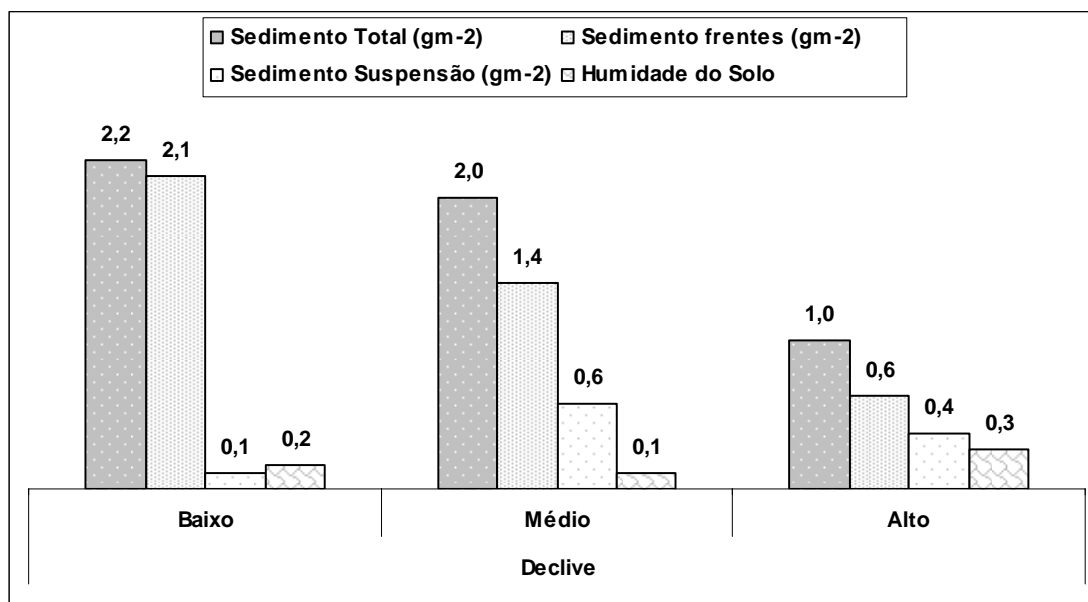


Figura 12. Perda de solo total, sedimento das frentes, sedimento suspensão e % humidade do solo no início do ensaio: efeito do declive.

5.2 – Carbono no sistema

Tendo em consideração a importância do sequestro de carbono para a sobrevivência do planeta, a pouca informação existente sobre o armazenamento de carbono nas comunidades de matos, agravado pelo facto de estas serem denominadas de incultos e ocuparem 1/3 da área do PNM, procurou-se avaliar, também, o contributo destas comunidades no armazenamento de carbono.

5.2.1. – Armazenamento de carbono na biomassa aérea

O armazenamento de carbono na biomassa aérea das espécies de matos segue a sequência urze > esteva > giesta (Figura 13). As diferenças observadas devem-se essencialmente a diferenças morfológicas das espécies, verificando-se que os raminhos do ano dão um contributo importante no caso da urze e da giesta, enquanto que na esteva são os componentes caule e folhas que mais contribuem para o armazenamento daquele elemento.

O aumento do declive foi acompanhado por uma redução do armazenamento de carbono apresentando, geralmente, os componentes da biomassa aérea valores muito idênticos, quando comparados caso a caso (Figura 13).

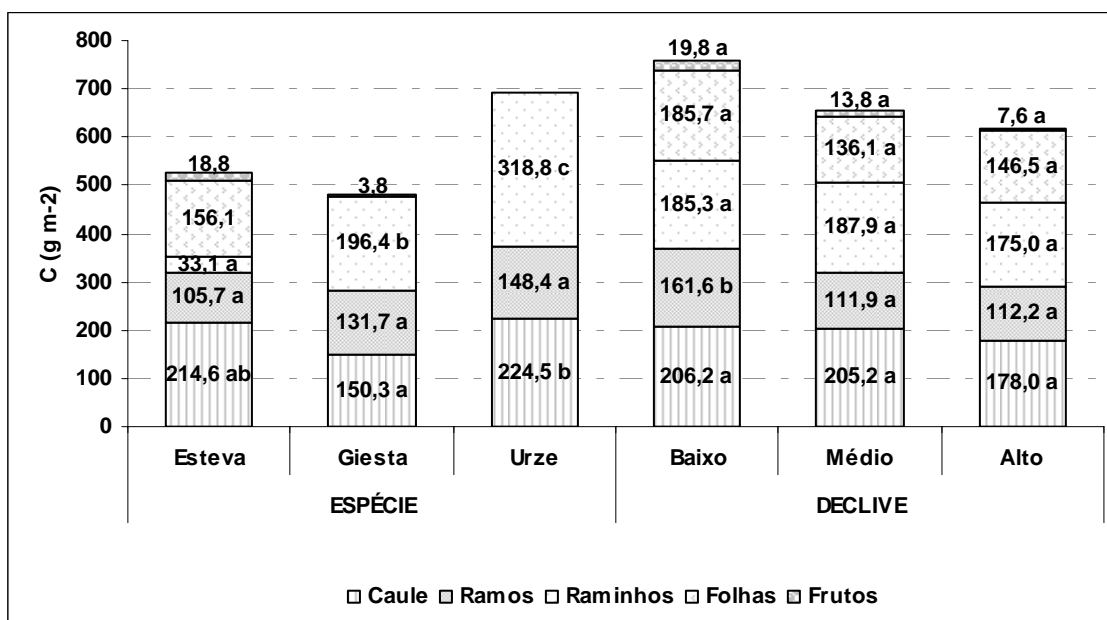


Figura 13. Armazenamento de carbono (g.m^{-2}) nas componentes da biomassa aérea, segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, para a mesma componente valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

5.2.2 – Armazenamento de carbono na biomassa subterrânea

As espécies de matos estudadas apresentam sistemas radicais com características muito próprias. Os sistemas radicais da espécie urze são bastante superficiais, formados essencialmente por raízes grossas, designadas localmente por “toros”. Os sistemas radicais das espécies esteva e giesta são mais profundos, apresentando a esteva raízes mais grossas em comparação com a giesta. Estas diferenças morfológicas afectam directamente a produção de biomassa e consequentemente o armazenamento de carbono, resultando em valores significativamente superiores na urze comparativamente às outras espécies (Figura 14). O declive não afecta significativamente o armazenamento de carbono nos sistemas radicais (Figura 14).

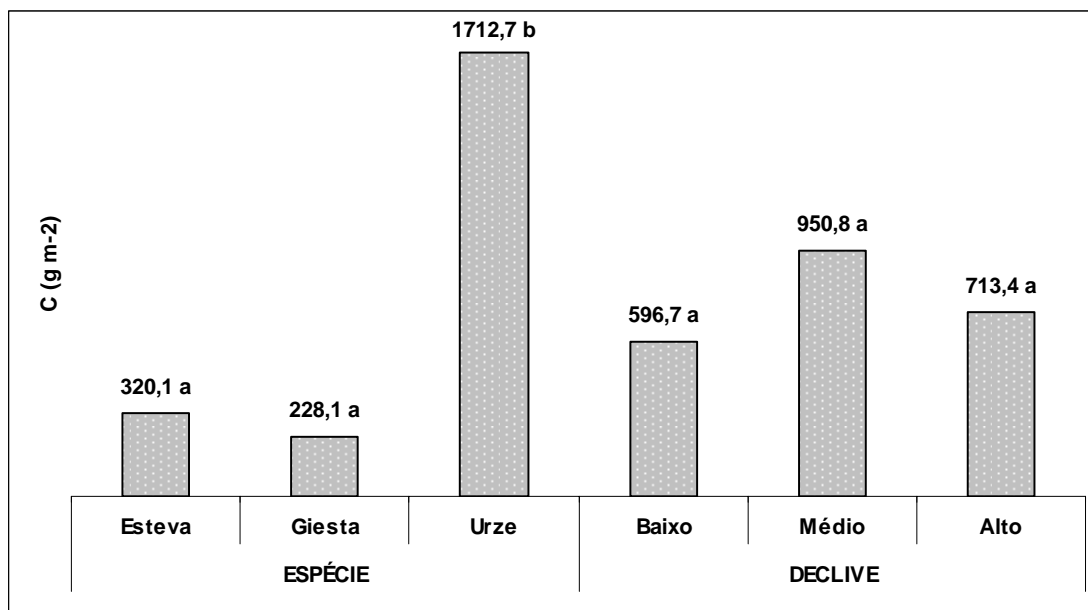


Figura 14. Armazenamento de carbono (g.m^{-2}) na biomassa subterrânea, segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

5.2.3 – Armazenamento de carbono na biomassa aérea e subterrânea

A massa de carbono armazenada na biomassa total (aérea e subterrânea) é significativamente superior na espécie urze em relação às espécies esteva e giesta. No que respeita ao declive, apesar da ausência de diferenças significativas, os valores tendem a ser superiores no declive médio, o que poderá estar relacionado com a forma do relevo (Figura 15).

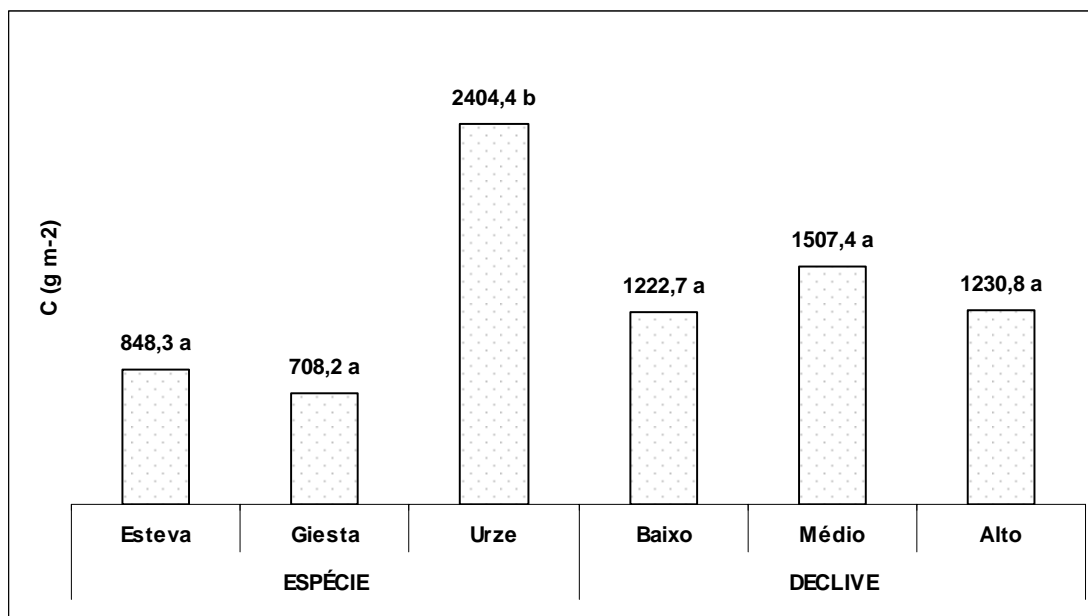


Figura 15. Massa de Carbono (kg.m^{-2}) na biomassa total (aérea e subterrânea), segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

O armazenamento de carbono na biomassa subterrânea da urze representa mais de 70% do armazenamento de carbono na biomassa total. Nas restantes espécies, os valores não ultrapassam os 40% (Figura 16). A fixação de carbono nas espécies vegetais é proporcional aos incrementos de biomassa (CAIRNS & LASSERRE, 2004). Assim, a acumulação preferencial de biomassa aérea nas espécies esteva e giesta favorece diversas funções dos ecossistemas como a redução dos processos erosivos e lixiviação de nutrientes e melhoria das condições microclimáticas (SILVER *et al.*, 2000).

Em Trás-os-Montes, é prática comum as populações serranas colherem as espécies urze e esteva (parte aérea e sistema radical) para utilizarem como combustível doméstico, nomeadamente no aquecimento das casas durante a estação fria. Esta prática pode ter implicações importantes nas funções destes ecossistemas.

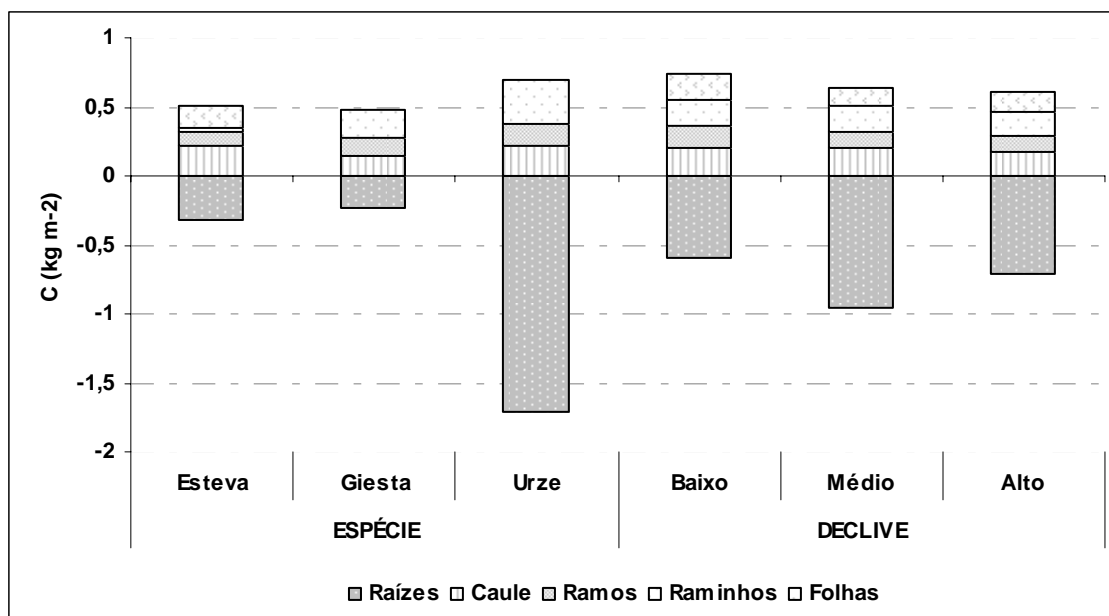


Figura 16. Massa de Carbono (kg.m^{-2}) nas componentes da biomassa total (aérea e subterrânea), segundo a espécie e o declive.

5.2.4 – Armazenamento de carbono no horizonte orgânico

O armazenamento de carbono é significativamente superior no horizonte orgânico desenvolvido sob a espécie esteva, o que estará relacionado com a elevada produção de folhas por aquela espécie (Figura 17). O declive continua a não afectar significativamente o armazenamento de carbono, mas este tende a ser inferior nas zonas mais inclinadas (Figura 17).

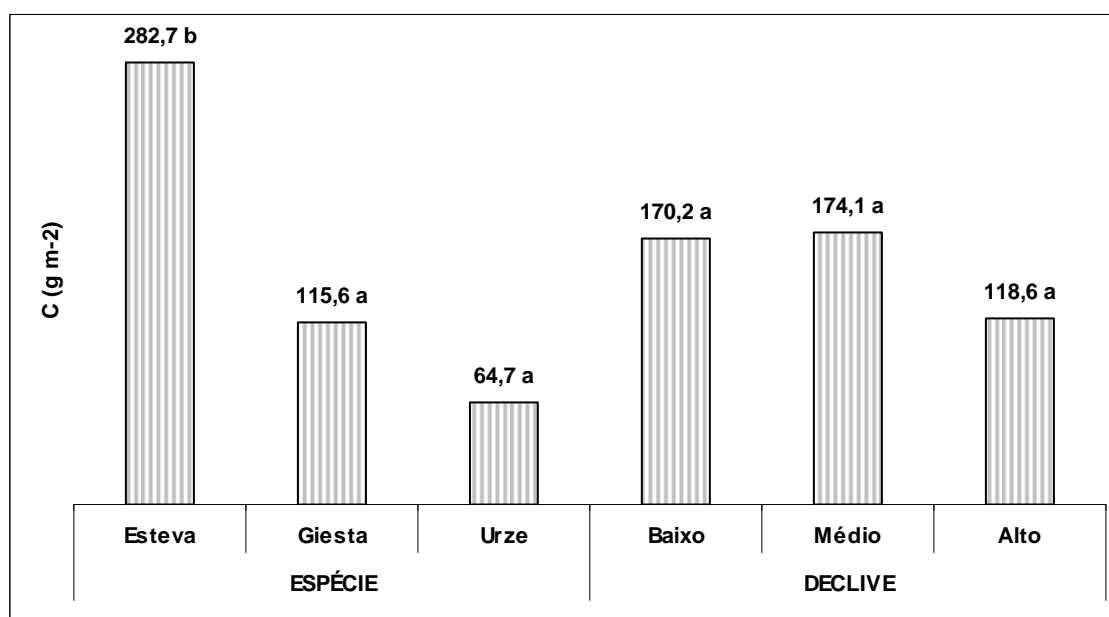


Figura 17. Massa de carbono (g.m^{-2}) no horizonte orgânico, segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

5.2.5 – Armazenamento de carbono nos horizontes minerais dos solos

A massa de carbono nas diferentes profundidades do solo, tende a diminuir da camada 0-5 cm para a camada 5-10 cm voltando a aumentar na camada 10-20 cm, mantendo-se esta tendência quer para as espécies quer para os declives (Figura 18). Um perfil de distribuição de carbono no solo semelhante ao encontrado neste trabalho é referido por PARRALES *et al.*, (2008).

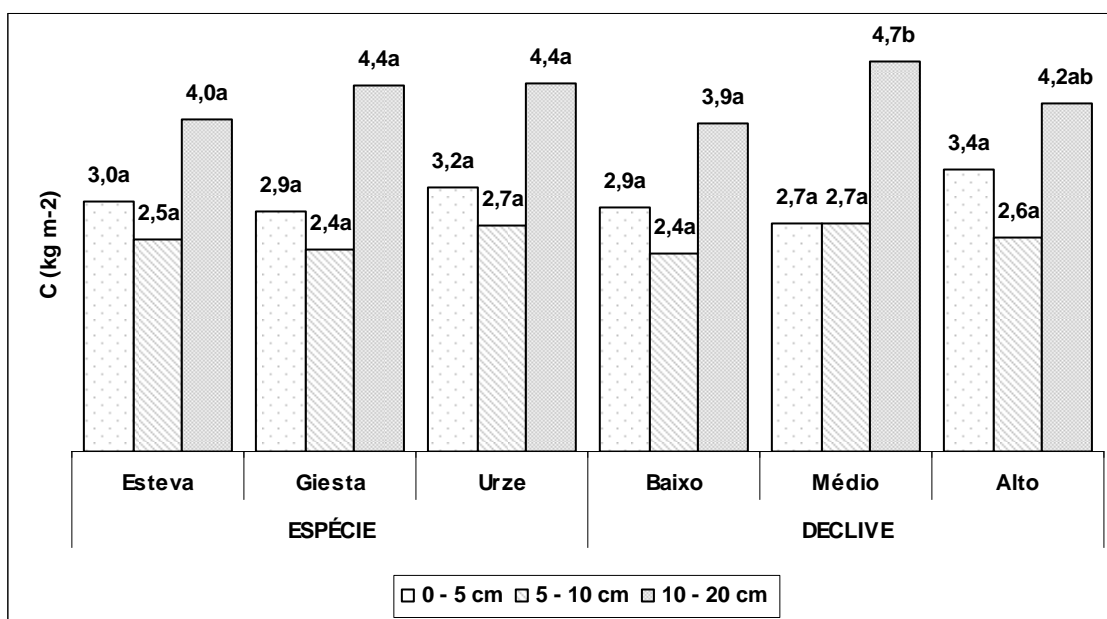


Figura 18. Massa de Carbono (kg.m^{-2}) por profundidade do solo, segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, para a mesma camada valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

5.2.6 – Armazenamento de carbono nos diversos compartimentos do sistema.

A quantidade de carbono acumulada no sistema varia de $12,8 \text{ kg m}^{-2}$ na espécie urze a $10,5$ e $10,6 \text{ kg m}^{-2}$ nas espécies giesta e esteva, respectivamente (Figura 19).

O contributo do horizonte orgânico no armazenamento de carbono é pouco expressivo, verificando-se que mais de 80% do carbono se encontra no compartimento solo atingindo valores superiores a 90% na espécie giesta (Figura 19).

O valor significativamente mais elevado na espécie urze deve-se essencialmente ao carbono armazenado na biomassa total (aérea e subterrânea) (Figura 19).

Pela observação dos valores obtidos no armazenamento de carbono no sistema constata-se que a espécie urze é a que mais benefício traz para o ambiente em termos de

armazenamento de carbono tanto no solo como na biomassa vegetal. O declive não interferiu de forma significativa no armazenamento de carbono.

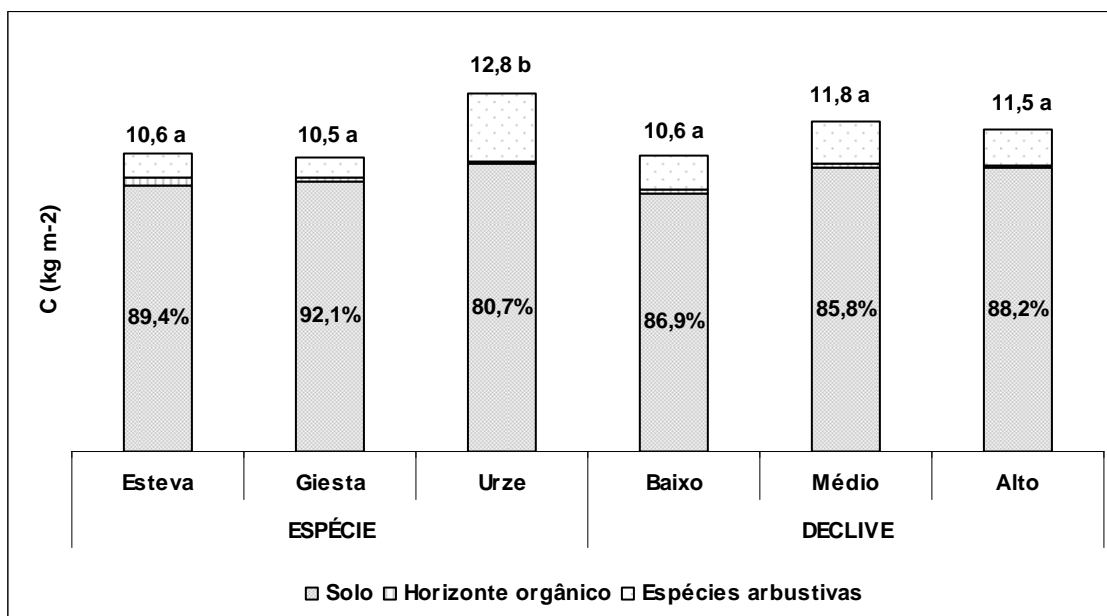


Figura 19. Armazenamento de Carbono (kgm⁻²) no sistema, segundo a espécie e o declive. Considerando espécie e declive separadamente, valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente.

5.3 – Produção de Serviços Ecosistémicos

O estudo realizado permitiu obter informação sustentada conducente à valoração objectiva da Produção de Serviços Ecosistémicos pelos matos no PNM. Pela análise do Quadro 3 podem-se comparar os valores indicativos baseados na opinião de especialistas (IPB / ICN, 2007), relativos às Funções de Regulação, e os apontados pelos resultados deste estudo.

Para tal avaliação compararam-se os valores obtidos com os de outros autores.

Relativamente às funções de regulação abaixo indicadas faz-se a correspondência com os resultados obtidos, recordando-se a gama de variação dos valores médios por espécie e declive:

- “Retenção do solo” – perda de solo 1,0 – 2,2 g/m²
- “Regulação do ciclo da água” – escoamento 0,14 – 0,37 L/m²
- “Sequestração de CO₂” – armazenamento de carbono:
 - biomassa aérea 0,48 – 0,76 kg/m²
 - biomassa subterrânea 0,23 – 1,71 kg/m²



- o solo (profundidade 0-20 cm) 9,2 – 10,3 kg/m²

Comparem-se os valores acima com os obtidos também à micro-escala mas sob chuva natural em matos de outras espécies num clima mediterrânico semi-árido em Valência, Espanha: perda de solo 5,0 – 60,0 g/m²; escoamento 1,0 – 2,0 L/m² (valores extraídos de BOCHET *et al*, 1998, considerando apenas os eventos com precipitação de energia cinética comparável).

Comparem-se ainda com os obtidos em parcelas de cerca de 3 m², sob chuva natural, num ensaio em povoamento florestal recentemente instalado no NE de Portugal, onde um tratamento testou uma condição de coberto vegetal semelhante à dos matos: perda de solo 12,0 g/m²; escoamento 4 L/m²; biomassa aérea 0,10 – 0,23 kg/m²; biomassa subterrânea 0,01 – 0,025 kg/m²; solo (profundidade 0-15 cm) 2,1 kg/m² (FONSECA, 2005; FONSECA *et al*, 2006; considerando também aqui os eventos com precipitação de energia cinética comparável).

Acrescente-se que, em média, o carbono no solo determinado neste trabalho, convertido em valores percentuais, foi de 6,25%, o que mostra estarem os matos estudados em vantagem quanto ao armazenamento de carbono solo relativamente à média dos solos do Nordeste de Portugal, onde os cobertos de mato têm 7% de matéria orgânica (4,1% de carbono) e os cobertos de floresta têm 6% (3,5% de carbono) (FIGUEIREDO, 2001). Estes elementos sugerem que os matos em estudo desempenham muito positivamente o papel de protecção do solo e de armazenamento de carbono na biomassa vegetal e no solo, apoiando a mudança de posição para o máximo da escala qualitativa do Quadro 3. Embora não valorados à partida (IPB / ICN, 2007) quanto à função “Prevenção de fenómenos catastróficos”, pelo papel que se avaliou na regulação do ciclo da água, aos matos pode agora também atribuir-se uma valoração elevada (Quadro 3).

No que respeita às funções “Regulação climática”, “Formação do solo” e “Regulação do ciclo de nutrientes”, como são funções directamente relacionáveis com as estudadas, atribui-se-lhes também a classe máxima para o seu desempenho na produção de serviços ecossistémicos (Quadro 3).

De um modo global pode-se constatar que os matos em estudo, *Cistus ladanifer* (estevas), *Cytisus multiflorus* (giesta-branca) e *Erica australis* ssp. *aragonensis* (urzes), são produtores muito significativo de serviços ecossistémicos e que desempenham muito positivamente funções de regulação no PNM.



Quadro 3. Produção de serviços ecossistémicos com funções de regulação pelos matos no Parque Natural de Montesinho: sugestões de revisão da sua valoração.

Funções de regulação	Valoração pré-existente (IPB / ICN, 2007, cfr Quadro 2)	Valoração sugerida (baseada nos resultados)
Sequestração de CO ₂	2	3
Regulação climática	2	(3)
Prevenção de fenómenos catastróficos		
Regulação do ciclo da água	2	3
Fornecimento de água		
Retenção do solo	2	3
Formação do solo	2	(3)
Regulação do ciclo de nutrientes	3	(3)

6 - Conclusão

Recorda-se aqui que o objectivo deste estudo foi o de contribuir para um melhor conhecimento das áreas de matos do Parque Natural de Montesinho, quanto a:

- Susceptibilidade à erosão hídrica – que engloba as funções de regulação, Retenção do solo, Prevenção de fenómenos catastróficos, Regulação do ciclo da água, Fornecimento de água, Formação do solo e Regulação do ciclo de nutrientes;
- Armazenamento de carbono na vegetação e no solo – que engloba as funções de regulação Sequestração de CO₂ e Regulação climática. Com a finalidade de determinar o potencial de realização de serviços ecossistémicos das espécies de matos em estudo.

As funções aludidas inscrevem-se no quadro dos serviços ecossistémicos assegurados pelos matos de Montesinho, conforme identificado no Plano de Ordenamento do PNM (Quadro 2) (IPB/ICN, 2007).

Os resultados foram analisados comparando os diferentes tipos matos e de declives estudados experimentalmente. Deste modo, foi possível estabelecer uma escala de susceptibilidade para os matos ensaiados e procurar relacionar esta escala com



parâmetros caracterizadores da erodibilidade dos solos e do efeito protector da vegetação.

Os matos presentes no PNM, dependendo da sua morfologia, tamanho e distribuição, são importantes no controlo da erosão hídrica, no escoamento superficial e consequentemente na perda de solo e de elementos químicos, como o carbono, aqui avaliadas ao longo das chuvadas simuladas. Há que sublinhar todavia que, os valores baixos de perdas de solo determinados nos ensaios não permitiram a avaliação do carbono perdido no sedimento exportado das parcelas de ensaio. Isto constitui por si só um aspecto relevante a assinalar, porquanto evidencia a capacidade protectora dos solos destas comunidades vegetais.

Os matos têm um papel importante em relação ao carbono orgânico, porque sequestram carbono atmosférico (cedendo uma parte ao solo, identificada neste trabalho pela fracção importante deste elemento que se encontra no solo e no horizonte orgânico que o cobre e de que também é parte). Assim, podem os matos contribuir para reduzir a concentração deste elemento na atmosfera e portanto dos gases de estufa.

Efectuado este estudo, os resultados obtidos permitem uma avaliação experimentalmente fundamentada da perda de solo nestas áreas e do contributo dos matos para a conservação do solo e para a dinâmica do Carbono e confirmar o valor contributivo dos matos para a realização de serviços ecossistémicos.

Erosão hídrica

Em concreto quanto aos resultados de erosão hídrica obtidos conclui-se que a espécie que mais protege o solo é a giesta, pois é a espécie em que a perda de solo e o escoamento tem menor valor. Seguem-se a urze e a esteva, por esta ordem, embora com diferenças sensíveis na resposta em termos de perda de solo e de escoamento.

Tendo em conta os vários declives nos quais se efectuaram os ensaios, e relativamente ao escoamento, foi no declive alto que se verificaram os maiores valores e no baixo os menores, como seria expectável. Todavia, no caso da perda de solo, esta atinge maiores valores no declive baixo e menores valores no declive alto. Elementos caracterizadores dos sistemas testados, como por exemplo o tipo de vegetação, a presença de horizonte orgânico, o teor em elementos grosseiros, o teor de humidade do solo no início dos ensaios, o tipo de sedimento exportado, foram explorados no sentido de explicar os resultados obtidos.



Carbono no sistema

Este estudo também incluiu a avaliação do armazenamento de carbono nos diversos compartimentos do sistema.

Tendo em conta o sistema como um todo (Carbono Total no Sistema), o armazenamento de carbono foi superior na urze, seguindo-se a esteva e finalmente a giesta. As diferenças registadas estão essencialmente relacionadas com o carbono armazenado no compartimento biomassa (aérea e subterrânea). Apesar do declive não afectar de forma significativa o armazenamento de carbono, este armazenamento tende a apresentar valores inferiores no declive baixo.

O compartimento solo contribui com mais de 80% do carbono armazenado no sistema, seguindo-se o compartimento biomassa e por último o horizonte orgânico que não representa mais que 5 % do carbono armazenado.

Com a realização deste estudo e não esquecendo que os matos representam 1/3 da área do Parque Natural de Montesinho, confirma-se que os matos têm a função de protecção do solo e do meio ambiente contra a erosão hídrica.

Quanto ao sequestro de carbono, os matos contribuem expressivamente para o armazenamento tanto ao nível do solo como da biomassa vegetal.

Desta forma se mostra objectivamente que os matos devem deixar de ser considerados como comunidades vegetais sem valor, carecendo pelo contrário de valorização e preservação.

Produção de Serviços Ecosistémicos

Este trabalho contribuiu para quantificar a Produção de Serviços Ecosistémicos pelos matos no PNM.

Relativamente às funções de regulação “Retenção do solo”, “Regulação do ciclo da água” e “Sequestro de CO₂”, os resultados sugerem que os matos em estudo fornecem serviços com valoração na classe máxima (3 em 3). A mesma posição na escala se sugere para a valoração das funções de regulação “Regulação climática”, “Formação do solo”, “Regulação do ciclo de nutrientes”, pelas consequências que as primeiras têm nestas últimas. Embora não valorados à partida quanto à função “Prevenção de fenómenos catastróficos”, pelo papel que se avaliou na regulação do ciclo da água, aos matos pode agora também atribuir-se uma valoração elevada.



7 - Bibliografia

AGUIAR, C. F. G., 2005 – Unidade curricular de Ecossistemas de Portugal (Apontamentos) – Mestrado de Gestão e Conservação da Natureza. Bragança: ESAB.

BERTONI, J.; NETO, F. L., 1990 – Conservação do solo. 1ª Ed. São Paulo: Ícone editora.

BOCHET, E.; RUBIO, J. L.; POESEN, J., 1998 - Relative efficiency of three representative matorral species in reducing water erosion at the microscale in a semi-arid climate (Valência: Spain). **Geomorphology**, 23. Elsevier, p. 139-150.

CAIRNS, R. D.; LASSERRE, P., 2004 - Reinforcing economic incentives for carbon credits for forests. **Forest Policy and Economics**, 6. p. 321-328.

CHHABRA, A., PALRIA, S.; DADHWAL, V. K., 2003 - Soil organic carbon pool in Indian forests. For. **Ecol. and Manage**, 1739, p. 187-199.

COELHO, C. O. A., 2006 – Portugal. BOARDMAN, J.; POESEN, J. – **Soil Erosion in Europe**. England. John Wiley & Sons, Ltd. 1.28. p. 359-67.

FIGUEIREDO, T., 2001 – Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do nordeste transmontano. Comunicação ao 2º Seminário “Recursos Naturais do Nordeste Transmontano. ESE/IPB, Bragança.

FIGUEIREDO, T., 2005 – Unidade curricular de Geodiversidade (Apontamentos) – Mestrado de Gestão e Conservação da Natureza. Bragança: ESAB.

FONSECA, F., 2005 – Técnicas de preparação do terreno em sistemas florestais – implicações no solo e no comportamento das plantas. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Tese de Doutoramento.

FONSECA, F.; MARTINS, A.; FIGUEIREDO, T. de; GUERRA, A.; NOGUEIRA, C., 2006 – Avaliação do Efeito de Operações de Preparação do Terreno no Armazenamento e Distribuição de Carbono em Jovens Povoamentos Florestais. LANCHO, J. F. G. - **Medioambiente en Iberoamerica, Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI**. Diputación De Badajoz. Tomo II. España, Badajoz, p. 487-495.

IPB; ICN. (INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA; INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA), 2007 – Plano de Ordenamento do Parque Natural de Montesinho – Caracterização. Bragança.

LAL, R., 2004 – Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Elsevier: Science Direct. *Geoderma*, 123, p. 1-22.

MORGAN, R. P. C.; RICKSON, R. J., 1995 – Soil erosion and conservation 3ª ed. England. Blackwell Publishing Ltd.

NORTCLIFF, S.; ROSS, S. M.; THORNES, J. B., 1990 – Soil moisture, runoff and sediment yield from differentially cleared tropical rainforest plots. THORNES, J. B. –

Vegetation and erosion: processes and environments. 1ª ed. England: John Wiley & Sons. p. 419-436.

OWENS, L. B.; MALONE, R. W.; HOTHEM, D. L.; STARR, G. C.; LAL, R., 2002 – Sediment carbon concentration and transport from small watersheds under various conservation tillage practices. Elsevier: Soil & Tillage Research, 67, p. 65-73.

PARRALES, I. A.; CARRILO, M.; BELLINFANTE, N., 2008 - Influencia del grupo de suelo y el uso sobre la reserva de carbono orgánico en clima Mediterráneo. Livro de resumos do III Congresso Ibérico da Ciência do Solo, p. 106, Évora, Portugal.

POLYACOV, V.; LAL, R., 2004 - Modeling soil organic matter dynamics as affected by soil water erosion. Elsevier: Science Direct. Environment International, 30, p. 547-556.

SILVER, W.L.; OSTERTAG, R.; LUGO, A.E., 2000 - The potential for carbon sequestration through reforestation of abandoned tropical agricultural and pasture lands. Restoration Ecology, 8 (4), 394-407.

WILCOX, B.; WOOD, M. K.; TROMBLE, J. M.; WARD, T., 1986 – A hand portable single nozzle simulator designed for use on steep slopes. Journal of Range Management, p. 375-377.

WISCHEMEIER, W. H.; SMITH, D. D., 1958 – Rainfall energy and its relationship to soil loss. TAGU, 39.