

BIOMASSA FLORESTAL RESIDUAL: EFEITOS DA SUA REMOÇÃO NA QUALIDADE DO SOLO

RESIDUAL FOREST BIOMASS: EFFECTS OF REMOVAL ON SOIL QUALITY

M^a Carmo Magalhães¹, M^a Cristina Cameira, Rosinda Leonor Pato, Fernando Santos e Jorge Bandeira

RESUMO

A biomassa proveniente das operações florestais de limpeza pode ser valorizada para a produção de energia nas centrais de biomassa. A sua remoção de forma continuada poderá afectar a qualidade dos solos florestais ao nível da quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas.

Estudou-se, em povoamentos localizados em sete concelhos da Região Centro, a quantidade de nutrientes existentes na camada orgânica e na camada mineral de solo. As parcelas foram seleccionadas com base na litologia, classe de declive e uso florestal. Na área em estudo predominam rochas do complexo xisto-grauváquico e rochas ácidas brandas, os declives de classe 0-10% e 11-20% e os povoamentos de folhosas e resinosas. Determinou-se a biomassa e os teores de nutrientes existentes na camada orgânica do solo, e avaliou-se a textura, o pH e os teores de C, N, P, K, Ca e Mg na camada mineral do solo.

O efeito da remoção dos resíduos florestais e a consequente redução da camada orgânica

deverá ser maior nos solos em que a camada mineral é mais pobre, já que uma proporção importante dos nutrientes se encontra alocada na camada orgânica.

Palavras-chave: Biomassa, camada orgânica do solo, folhosas, nutrientes, resinosas.

ABSTRACT

Residual forest biomass from forest cleaning operations can be enhanced through their use to produce energy. Their removal in a continuous manner may affect the quality of forest soils concerning the nutrients availability for plants.

The amount of nutrients both in the organic and mineral soil layer were evaluated in areas in the Centre of Portugal. The plots were selected based on lithology, slope classes and forest stands. In the study area, the schist-greywacke complex as well as the mild acid rocks is predominated. The most class slopes are 0-10% and 11-20% and the stands of hardwood and

¹ CERNAS – Escola Superior Agrária de Coimbra – Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta 3040-316 Coimbra; mcsm@esac.pt

coniferous forest occupied most of the area. Organic layers biomass and nutrients, and texture, pH and concentration of C, N, P, K, Ca and Mg in the soil mineral layers were evaluated.

The effect on soil quality, of the removal of forest residues, and consequently of the depletion of the organic layer, should be higher in soils, where the mineral layer is poorer as a substantial proportion of nutrients is allocated in the organic layer.

Keywords: Biomass residual forest, soil organic layer, hardwood, nutrients, coniferous.

INTRODUÇÃO

A utilização de biomassa florestal residual proveniente das operações florestais de limpeza de matos, desbastes, desramações e cortes finais para produção de energia, associada à necessidade de redução da carga de combustível nas matas portuguesas para reduzir o risco dos incêndios florestais, pode levar a uma generalização da remoção daqueles resíduos florestais e consequentemente à redução das camadas orgânicas e matéria orgânica do solo e da quantidade de nutrientes disponíveis para o crescimento vegetal. A remoção de forma continuada daqueles resíduos pode ter consequências negativas na qualidade dos solos florestais, que já são, em geral, pouco produtivos.

Os efeitos das técnicas e práticas florestais na produtividade das florestas, na conservação dos recursos solo e água, no ciclo do carbono e na biodiversidade dependem das condições ecológicas de cada local e deverão ter em conta as respectivas resistência, resiliência e capacidade produtiva (Nambiar e Brown, 1997; Gonçalves e Benedetti, 2000). É referido por vários autores (Khanna e Ulrich, 1991, citado por

Cortez, 1996) que, para além da possibilidade de acentuar o impacto negativo das máquinas sobre o solo, a remoção dos resíduos florestais diminui a quantidade de nutrientes disponível, promove a degradação da estrutura do solo, aumenta a susceptibilidade do solo à erosão, diminuindo, por outro lado, o risco de fogos florestais.

A manutenção dos resíduos, sobre ou incorporados no solo, cria condições de temperatura e humidade mais favoráveis às jovens plantas (Hook *et al.*, 1982), promove a cobertura do solo protegendo-o da erosão, e pode contribuir para o aumento da matéria orgânica e nutrientes disponíveis no solo (Madeira, 1995; Magalhães, 2000).

De modo a evidenciar o impacto no solo da remoção da biomassa florestal na área de estudo, abrangida pelos concelhos de Coimbra, Condeixa, Figueiró dos Vinhos, Lousã, Miranda do Corvo, Penela e Vila Nova de Poiares, foi delineada uma metodologia de amostragem em que se considerou a litologia, o declive e o uso florestal do solo como determinantes para a escolha dos locais de amostragem (em parcelas do inventário florestal). Estes factores de formação do solo deverão ser, naqueles locais, os mais importantes para a diferenciação dos solos em profundidade e para o desenvolvimento das respectivas características.

Os objectivos deste estudo consistiram em:

- Recolher e tratar os dados referentes à litologia, classe de declive e uso florestal do solo, para definir as parcelas mais representativas da área em estudo;
- Avaliar a quantidade de nutrientes existentes na camada orgânica e na camada mineral superficial dos solos (0-30 cm) das parcelas seleccionadas;
- Prever os efeitos sobre o solo, resultantes da remoção continuada da biomassa florestal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área em estudo, com cerca de 110 mil hectares, inclui os concelhos de Coimbra, Vila Nova de Poiares, Penela, Lousã, Figueiró dos Vinhos, Miranda do Corvo e Condeixa. É caracterizada, de acordo com o Atlas do Ambiente, a Este, pelo predomínio do complexo xisto-grauváquico, denominado por rochas ácidas duras (RADxg). As rochas ácidas brandas (RAB) estão presentes na zona Sul do concelho da Lousã e estendem-se até ao concelho de Vila Nova de Poiares. Na zona Oeste, por influência do Mondego os solos derivados de areias e aluviões ocupam uma parte significativa dos concelhos de Coimbra e de Condeixa. Destacam-se também nestes concelhos as rochas básicas duras (RBD), sendo na sua maioria os calcários, que atravessam o concelho de Coimbra e que ocupam uma área importante

do concelho de Condeixa, estendendo-se até ao concelho de Penela. Aqui, verifica-se uma importante presença de rochas básicas brandas (RBB), que fazem parte de uma crista com orientação Norte-Sul e que ocupam ainda parte dos concelhos de Miranda do Corvo e de Coimbra. Ainda no concelho de Penela existe uma crista quartzítica, considerada neste trabalho como rochas ácidas duras (RADq), que se prolonga para Sul até ao concelho de Figueiró dos Vinhos (Figura 1).

No Quadro 1 apresentam-se a representatividade das principais associações litológicas nos concelhos da área em estudo, em percentagem (%) e em área (ha).

Relativamente ao declive, nos concelhos de Coimbra e Condeixa predominam os declives suaves de 0-10%. A Este, nos concelhos de Figueiró dos Vinhos, Miranda do Corvo e Lousã os declives são superiores a 33% (Figura 2a e Quadro 2) e correspondem, principalmente, às zonas do complexo xisto-grauváquico e de quartzitos.

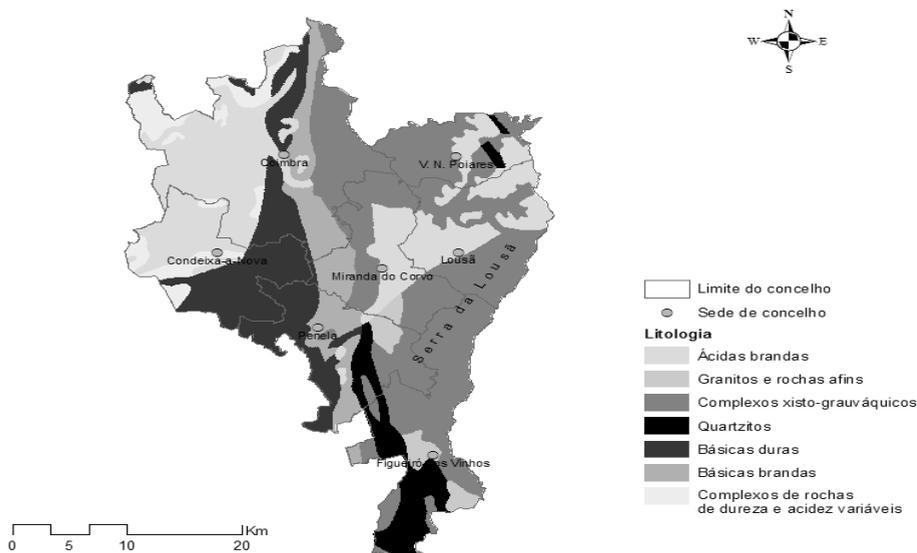
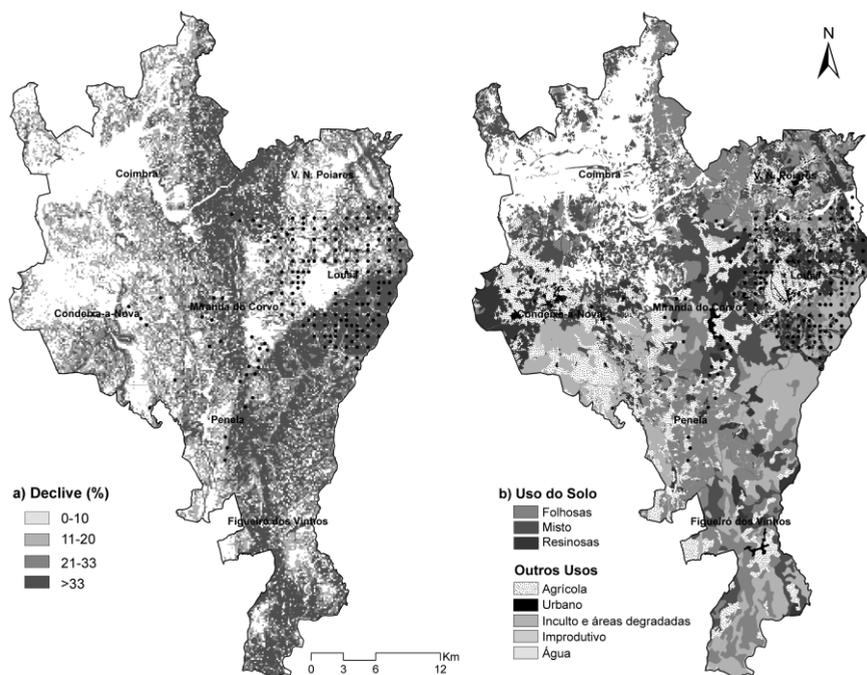


Figura 1 – Litologia da área de estudo (concelhos de Coimbra, Vila Nova de Poiares, Penela, Lousã, Figueiró dos Vinhos, Miranda do Corvo e Condeixa). Adaptado de Atlas do Ambiente (APA, 2008).

Quadro 1 – Representatividade das principais associações litológicas nos concelhos da área em estudo, em percentagem (%) e em hectares (ha).

Associações litológicas	Coimbra		Condeixa		F.Vinhos		Lousã		M.Corvo		Penela		V.N.Poares	
	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
Aluviões	16	4972	6	871	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RAB	32	10393	44	6112	-	-	43	5948	28	3542	2	316	27	2269
RB	31	9931	50	6885	1	206	-	-	14	1773	62	8257	-	-
RADxg	21	6645	-	-	61	10576	57	7893	55	6885	20	2735	68	5747
RADg	-	-	-	-	9	1539	-	-	3	438	6	781	-	-
RADq	-	-	-	-	29	5035	-	-	-	-	10	1389	5	429

RAB- rochas ácidas brandas (areias, arenitos, conglomerados e argilas); RB- rochas básicas (calcários e margas); RADg- rochas ácidas duras (granitos e afins); RADxg- rochas ácidas duras (xistos e grauvaques); RADq- rochas ácidas duras (quartzitos).

**Figura 2** – a) Classe de declives, b) Uso do solo na área de estudo e indicação dos locais de amostragem. Adaptado de Atlas do Ambiente (APA, 2008).

Os povoamentos florestais ocupam cerca de 69 mil hectares, superfície muito elevada quando comparada com a área agrícola, que é

de 26 mil hectares (Figura 2b).

As folhosas e as resinosas estão presentes em todos os concelhos; enquanto as folhosas

Quadro 2 – Representatividade das classes de declive nos concelhos da área em estudo, em percentagem (%) da área total e em hectares (ha).

Declive	Coimbra		Condeixa		F.Vinhos		Lousã		M.Corvo		Penela		V.N.Poiares	
	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
0-10%	46	14673	51	7142	18	3199	29	3975	23	2901	28	3773	35	2917
11-20%	21	6835	27	3753	14	2401	17	2353	17	2156	24	3289	20	1729
21-33%	17	5422	15	2059	28	4800	21	2953	24	3036	24	3246	21	1733
>33%	16	5001	7	907	40	6945	33	4556	36	4545	24	3169	24	2060

predominam em Vila Nova de Poiares, Penela e Figueiró dos Vinhos; as resinosas prevalecem na Lousã e em Condeixa; os povoamentos mistos em Coimbra e Miranda do Corvo e os matos e incultos, em Condeixa e em Figueiró dos Vinhos (Quadro 3).

Metodologia de amostragem

A selecção dos locais de amostragem para proceder à caracterização do solo incidiu em parcelas que constam do inventário florestal nacional.

Para esta escolha recorreu-se ao apoio de cartas militares e a mapas com a caracterização litológica, de declive e de uso do solo dos concelhos incluídos na área em estudo. Todas as parcelas seleccionadas foram caracterizadas relativamente à camada orgânica e camada mineral (0-30cm) através da colheita de 3 amostras distribuídas aleatoriamente em cada parcela. Foram estudadas 36 parcelas com a seguinte distribuição por associação litológica: RAB-6; RADg-6; RADq-3; RADxg-7;

RBBm-12 e RBDC-2. Relativamente ao uso florestal a distribuição das parcelas seleccionadas foi a seguinte: Resinosas-9; Folhosas-8; Povoamento misto-15; Matos e incultos-4.

Metodologia laboratorial

A caracterização dos solos contemplou a análise da camada orgânica, através da quantificação e teor em nutrientes, e da camada mineral (0-30 cm), com determinação da massa volúmica aparente, textura, pH e dos teores de C, N, P, K, Ca e Mg.

Nas camadas orgânicas, a biomassa presente foi quantificada por amostragem de áreas de 0,25 m², de um modo totalmente aleatório, e num total de 3 amostras por cada parcela. Após secagem da amostra em estufa, com ventilação forçada, à temperatura de 80°C durante 48 horas, a amostra foi pesada em balança analítica com precisão de 10⁻²g (Kent e Coker,1992). Após secagem e pesagem as amostras foram fragmentadas e depois de bem misturadas, foi retirada uma

Quadro 3 – Representatividade do uso florestal do solo nos concelhos da área em estudo, em percentagem (%) da área florestal e em hectares (ha).

Uso florestal	Coimbra		Condeixa		F.Vinhos		Lousã		M.Corvo		Penela		V.N.Poiares	
	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
Folhosas	34	4362	3	281	34	5171	25	2603	19	1862	49	6142	51	3231
Resinosas	2	197	36	2941	4	623	52	5446	16	1501	31	3823	20	1303
Pov. misto	64	8135	16	1285	17	2574	-	-	44	4277	-	-	16	1037
Matos e incultos	-	-	45	3676	45	6669	23	2439	21	2019	20	2474	13	848

amostra composta, que foi moída em moinho apropriado com um crivo de 0,5 mm de malha, para quantificação de nutrientes: carbono orgânico - calcinação e detecção do carbono por infra-vermelhos (ISO, 1995); azoto total - digestão em meio ácido, através do método Kjeldahl, posterior destilação com recolha do azoto (N) e respectiva quantificação através de titulação (Bremner, 1979); P, K, Ca, Mg - mineralização por via seca (calcinação), redissolução do resíduo em ácido clorídrico a 20% e doseamento por espectrofotometria de absorção atômica (K, Ca e Mg) (Lucas e Sequeira, 1976) e por colorimetria (P) (Murphy e Riley, 1962).

Na camada mineral do solo foram determinados os parâmetros: massa volúmica aparente referente à terra fina - foram colhidas amostras não perturbadas, em cilindros com 5 cm de altura e 8 cm de diâmetro. As amostras foram colhidas aleatoriamente, num total de 9 amostras por parcela. Procedeu-se à secagem das amostras não perturbadas a 105°C e respectiva pesagem, após peso constante. A massa da amostra seca, após passar pelo crivo de 2 mm, e o volume do cilindro que foi utilizado na colheita, ao qual se descontou o volume ocupado pelos elementos grosseiros existentes na amostra, permitem a obtenção do valor da massa volúmica aparente referente à terra fina; percentagem de terra fina - foram determinadas em amostras perturbadas, colhidas com uma sonda, na camada de 0-30 cm. Foram colhidas 3 amostras por parcela em estudo. Após secagem ao abrigo do sol ou em estufa a 30°C, as amostras perturbadas foram moídas, em moinho apropriado para amostras de solo, com crivo de 2 mm de malha. O peso total e o peso dos elementos finos permitem a obtenção da percentagem de terra fina; textura de campo - avaliação manual da textura e a consequente designação textural (ligeira, média e grosseira) (LQARS, 1977); pH (H₂O)-método electrométrico, com leitura em sus-

ensão aquosa na proporção de solo/água 1:2,5 (p/v) (LQARS, 1977); carbono orgânico - combustão e detecção do carbono por infra-vermelhos (LECO®, 1997); azoto total - digestão em meio ácido, através do método Kjeldahl, posterior destilação com recolha do azoto (N) e respectiva quantificação através de titulação (Bremner, 1979); fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) - extracção através do método de Egnér-Riehm, com quantificação do P₂O₅ por colorimetria e do K₂O por espectrofotometria de absorção atômica (Balbino, 1968; LQARS, 1986); cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) de troca - extracção pelo método de acetato de amónio a pH 7 e quantificação por espectrofotometria de absorção atômica (Chapman, 1979).

RESULTADOS

As características dos solos da área em estudo apresentam-se agrupadas em função da litologia ou associações litológicas e do uso florestal.

Camada orgânica

Para todos os usos florestais, foi nas parcelas com solos desenvolvidos sobre a associação de xistos e grauvaques que se verificaram as menores quantidades de biomassa presente nas camadas orgânicas dos solos estudados: 9,5, 6,6, 6,1 e 2,7 t ha⁻¹, nos povoamentos mistos, de folhosas, de resinosas e nos matos e incultos, respectivamente. As áreas com povoamento misto apresentam os maiores valores de biomassa na camada orgânica (Quadro 4). As áreas com matos e incultos apresentam os menores valores em todas as associações litológicas. Os solos derivados de arenitos e conglomerados, com resinosas e folhosas, apresentam os valores mais elevados de biomassa residual.

Quadro 4 – Biomassa na camada orgânica dos solos ($t\ ha^{-1}$), em função do uso florestal e da litologia.

Uso florestal/ Litologia	RADg	RADq	RADxg	RAB	RBDc	RBBm
Folhosas	19,6	14,3	6,6	20,8	-	-
Resinosas	16,2	-	6,1	26,4	17,3	16,6
Pov. florestal misto	22,6	-	9,5	16,0	19,4	21,4
Matos e incultos	10,2	-	2,7	8,4	-	10,2

RADg- rochas ácidas duras (granitos e afins); RADq- rochas ácidas duras (quartzitos); RADxg- rochas ácidas duras (xistos e grauvaques); RAB- rochas ácidas brandas (areias, arenitos, conglomerados e argilas); RBDc- rochas básicas duras de calcário; RBBm- rochas básicas brandas de margas.

Camada mineral

O azoto (N) no solo (Quadro 5) encontra-se maioritariamente na matéria orgânica aí existente, pelo que só indirectamente poderá ser afectado pela respectiva litologia. Verifica-se que os menores valores ocorrem nos

solos derivados de xistos e grauvaques, com folhosas, matos e incultos, e nos solos de areias, arenitos e conglomerados, com resinosas e povoamento misto. Os maiores valores estão associados a calcários e margas, com ocupação de resinosas, povoamento misto, matos e incultos.

Quadro 5 – Quantidades de nutrientes (N, K, Ca, Mg), em $kg\ ha^{-1}$ e de carbono ($t\ ha^{-1}$), existentes na camada mineral do solo, em função do uso florestal e da litologia.

Uso florestal/ Litologia	kg ha^{-1}				C $t\ ha^{-1}$	
	N	P	K	Ca		
Folhosas						
Quartzitos	2051	1	201	422	164	24
Granitos	3062	2	142	644	61	66
Xistos e grauvaques	1938	1	150	449	87	63
Arenitos e conglomerados	2282	0	188	1357	180	37
Resinosas						
Granitos	2856	0	305	2051	159	45
Xistos e grauvaques	2301	0	92	237	59	55
Areias e arenitos	1692	0	109	380	115	46
Arenitos e conglomerados	2114	0	106	2886	110	52
Margas	5742	3	342	14173	883	74
Calcários	6558	0	496	13244	1983	115
Povoamento misto						
Granitos	1880	1	100	142	47	51
Xistos e grauvaques	2727	0	96	475	76	79
Arenitos e conglomerados	1524	0	139	402	82	44
Margas	4113	0	500	8323	790	77
Calcário	5833	3	574	20183	271	50
Matos e incultos						
Granitos	2906	3	375	3858	195	47
Xistos e grauvaques	2745	0	305	1871	347	37
Arenitos e conglomerados	2247	0	157	867	124	48
Margas	3110	1	265	10229	146	40

O fósforo (P) encontra-se em quantidades vestigiais em todas as situações estudadas.

Valores mais elevados de K ocorrem, nas margas e calcários com povoamentos de resinosas, mistos e matos e incultos; também são dos mais elevados nos solos de granito com resinosas e de xistos e grauvaques, com matos e incultos. Os menores valores deste nutriente ocorreram nos solos com povoamentos mistos e de resinosas, desenvolvidos sobre xistos e grauvaques.

Os maiores teores de Ca e Mg estão associados a calcários e margas, mormente nas resinosas e nos povoamentos mistos (Quadro 5).

O Quadro 6 traduz as quantidades dos

nutrientes N, P, K, Ca e Mg existentes na camada orgânica do solo, em função do uso florestal e da litologia. As áreas com resinosas e povoamento misto apresentam os maiores valores de nutrientes, em solos de arenitos e conglomerados, calcários, margas e granitos e os valores mais baixos com matos e incultos e associados a xistos e grauvaques.

A contribuição da camada orgânica em áreas com folhosas (Quadro 7) para a restituição do P, K, Ca e Mg para o solo é bastante importante em solos derivados de rochas ácidas duras (granitos e quartzitos) e de rochas ácidas brandas (areias, arenitos e conglomerados, argilas).

Quadro 6 – Quantidades de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg), em kg ha⁻¹, existentes na camada orgânica do solo em função do uso florestal e da litologia.

Uso florestal/ Litologia	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹				
Folhosas					
Quartzitos	94	6	17	258	23
Granitos	129	8	23	354	32
Xistos e grauvaques	43	3	8	119	11
Arenitos e conglomerados	137	9	25	376	34
Resinosas					
Granitos	161	7	26	485	21
Xistos e grauvaques	60	3	10	181	8
Areias e arenitos	150	7	24	455	20
Arenitos e conglomerados	261	12	42	789	34
Margas	164	8	27	497	22
Calcários	171	8	28	517	22
Povoamento misto					
Granitos	186	10	31	542	33
Xistos e grauvaques	78	4	13	228	14
Arenitos e conglomerados	132	7	22	385	23
Margas	177	9	30	514	31
Calcários	160	8	27	465	28
Matos e incultos					
Granitos	97	17	81	51	25
Xistos e grauvaques	26	5	22	14	7
Arenitos e conglomerados	80	14	67	42	21
Margas	97	17	81	51	25

Quadro 7 – Proporção (%) de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) existente na camada orgânica e na camada mineral de solo (0-30 cm) em áreas com folhosas.

Litologia	Camada	N	P	K	Ca	Mg
		%				
Granitos	mineral	96	16	86	65	66
	orgânica	4	84	14	35	34
Quartzitos	mineral	96	16	92	62	88
	orgânica	4	84	8	38	12
Xistos e grauvaques	mineral	98	15	96	91	91
	orgânica	2	85	4	9	9
Areias, arenitos, argilas e conglomerados	mineral	94	1	88	78	84
	orgânica	6	99	12	22	16

Relativamente aos solos com resinosas (Quadro 8), o impacto da remoção dos resíduos orgânicos que iriam contribuir para a manutenção e aumento da biomassa das camadas orgânicas e consequentemente dos nutrientes, deverá ser acentuado em solos derivados de xistos e grauvaques, arenitos e

conglomerados, areias e arenitos. Salienta-se ainda a contribuição da camada orgânica na cedência da P em todas as situações (75 a 99 %).

Nas áreas com povoamento misto (Quadro 9), a contribuição mais relevante de nutrientes das camadas orgânicas ocorreu em solos

Quadro 8 – Proporção (%) de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) existente na camada orgânica e na camada mineral de solo (0-30 cm) em áreas com resinosas.

Litologia	Camada	N	P	K	Ca	Mg
		%				
Granitos	mineral	95	6	92	81	88
	orgânica	5	94	8	19	12
Xistos e grauvaques	mineral	95	12	90	48	89
	orgânica	5	88	10	52	11
Arenitos e conglomerados	mineral	89	1	72	79	82
	orgânica	11	99	28	21	18
Areias e arenitos	mineral	92	2	82	46	85
	orgânica	8	98	18	54	15
Margas	mineral	97	25	93	97	98
	orgânica	3	75	7	3	2
Calcários	mineral	97	1	95	96	99
	orgânica	3	99	5	4	1

Quadro 9 – Proporção (%) de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) existente na camada orgânica e na camada mineral de solo (0-30 cm) em áreas com povoamento florestal misto.

Litologia	Camada	N	P	K	Ca	Mg
		%				
Granitos	mineral	91	8	76	21	20
	orgânica	9	92	24	79	80
Xistos e grauvaques	mineral	93	6	89	68	50
	orgânica	7	94	11	32	50
Arenitos e conglomerados	mineral	92	5	86	51	78
	orgânica	8	95	14	49	22
Margas	mineral	96	1	94	94	82
	orgânica	4	99	6	6	18
Calcários	mineral	97	24	96	98	63
	orgânica	3	76	4	2	37

derivados de granitos. Salienta-se ainda a elevada percentagem de P nas camadas orgânicas relativamente ao total, em todas as litologias e tipos de ocupação. Estes aspectos traduzem a importância das camadas orgânicas na quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas.

A remoção de resíduos em áreas com incultos e matos (Quadro 10) poderá afectar

particularmente as quantidades de P (em todas as litologias), e de K e Mg (com a excepção de solos derivados de xistos e grauvaques).

Considerando o somatório de todos os nutrientes quantificados no solo (Quadro 11), verifica-se que nos povoamentos de resinosas e mistos a remoção dos resíduos em locais com rochas básicas de calcários e margas

Quadro 10 – Proporção (%) de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) existente na camada orgânica e na camada mineral de solo (0-30 cm) em áreas com matos e incultos.

Litologia	Camada	N	P	K	Ca	Mg
		%				
Granitos	mineral	97	13	82	99	67
	orgânica	3	87	18	1	33
Xistos e grauvaques	mineral	99	5	93	99	93
	orgânica	1	95	7	1	7
Arenitos e conglomerados	mineral	97	2	70	95	61
	orgânica	3	98	30	5	39
Margas	mineral	97	4	77	100	60
	orgânica	3	96	23	0	40

Quadro 11 – Total de nutrientes (kg ha^{-1}) quantificados nas camadas mineral e orgânica do solo, em função do uso florestal e das associações litológicas. Os valores entre parêntesis são as proporções (%) relativas à camada orgânica.

Associações litológicas	Uso Florestal	Total de nutrientes	
		(kg ha^{-1})	(%)
	Folhosas		
Quartzitos		3237	(12,3)
Granitos		4456	(12,3)
Xistos e grauvaques		4434	(4,10)
Arenitos e conglomerados		4588	(12,7)
	Resinosas		
Granitos		6071	(11,5)
Xistos e grauvaques		1811	(14,5)
Areias e arenitos		2952	(22,2)
Arenitos e conglomerados		6344	(17,8)
Margas		21860	(3,30)
Calcários		23028	(3,20)
	Povoamento misto		
Granitos		3125	(30,6)
Xistos e grauvaques		3682	(10,9)
Arenitos e conglomerados		2717	(20,9)
Margas		14633	(6,70)
Calcários		27684	(3,00)
	Matos e incultos		
Granitos		7680	(4,50)
Xistos e grauvaques		5361	(1,70)
Arenitos e conglomerados		3678	(1,70)
Margas		14093	(2,40)

deverá originar efeitos menos acentuados na quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas. Nos povoamentos de folhosas, o mesmo efeito (menos acentuado) revela-se em solos derivados de xistos e grauvaques.

Nos restantes casos estudados, a remoção frequente e continuada dos resíduos florestais poderá afectar gravemente a fertilidade do solo, a produtividade do local e colocar em risco a sua sustentabilidade.

CONCLUSÕES

Em toda área florestal estudada, independentemente da litologia, os teores de

fósforo no solo são muito baixos. A camada orgânica apresenta maiores teores de fósforo do que a respectiva camada mineral, pelo que as substituições deste nutriente ao solo serão importantes para a satisfação das exigências nutritivas das plantas dos ecossistemas florestais. A remoção de resíduos, que contribuem para o retorno deste nutriente ao solo, pode originar uma diminuição da produtividade do local.

As quantidades de bases (Ca e Mg), presentes nas camadas orgânicas constituem também, depois de libertados para o meio, um factor de estabilização da estrutura do solo. As suas proporções na camada orgânica dos solos desenvolvidos sobre rochas

ácidas atingem valores frequentemente superiores a 50% do total.

A proporção de nutrientes que estão alocados na camada orgânica, principalmente nos casos estudados de solos desenvolvidos a partir de rochas ácidas, atingem valores da ordem dos 20 a 30% do total, o que expressa bem os riscos de afectação da fertilidade do solo, caso ocorram remoções sistemáticas dos resíduos

A grande diversidade de rochas e associações litológicas presente na área em estudo, juntamente com características topográficas que influenciam quer o desenvolvimento dos solos quer a sua perda por erosão, reforçam a necessidade de uma monitorização mais frequente dos efeitos da remoção da biomassa residual no solo.

A monitorização dos locais estudados deverá prosseguir com dois objectivos:

- a) Validar os resultados agora obtidos, pela elevada variabilidade espacial e temporal das características dos solos florestais, nomeadamente das camadas orgânicas;
- b) Acompanhar os efeitos, ao longo do tempo, da remoção efectiva da biomassa na qualidade do solo, para se minimizar esses efeitos, conservar a qualidade dos solos e manter a sustentabilidade dos ecossistemas.

A caracterização destes solos e a sua monitorização ao longo do tempo em que a remoção da biomassa florestal se processar, podem produzir dados mais consistentes e constituir um sistema de referência para outras áreas semelhantes.

AGRADECIMENTOS

Este estudo é parte integrante do projecto do Fundo Florestal Permanente – Acção 5.5-“Utilização da Biomassa Florestal para aproveitamento energético”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APA, (s.d.) - *Atlas do Ambiente* (em linha). Lisboa, Agência Portuguesa do Ambiente, Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. (Acesso em 2008.08.07). Disponível em <<http://www.iambiente.pt/atlas/din/viewer.htm>>.
- Balbino, L.R. (1968) – O método de Egnér-Riehm na determinação do fósforo e do potássio “assimiláveis” em solos de Portugal. *Revista Agronómica*, 51: 46-56.
- Bremner, J.M. (1979) – Total Nitrogen. In: Black, C.A.; Evans, D.D.; White, J.L.; Ensminger, L.E.; Clark, F.E. (Eds.) - *Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties, part2*. Madison, Wisconsin, USA, American Society of Agronomy Inc. Publisher. p. 1149-1176.
- Chapman, H.D. (1979) – Total Exchangeable bases. In: Black, C.A.; Evans, D.D.; White, J.L.; Ensminger, L.E.; Clark, F.E. (Eds.) - *Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties, part2*. Madison, Wisconsin, USA, American Society of Agronomy Inc. Publisher. p. 902-904.
- Cortez, N. (1996) – *Compartimentos e ciclos de nutrientes em plantações de Eucalyptus globulus Labill. ssp globulus e Pinus pinaster Aiton*. Dissertação de doutoramento. Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. 317 p.
- Gonçalves L.J.M. e Benedetti, V. (2000) - *Nutrição e Fertilização Florestal*. São Paulo, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 457 p.
- Hook, R.I.V.; Johnson, D.C.W. e Mann, L.K. (1982) - Environmental effects of harvesting forests for energy. *Forest Ecology and Management*, 4: 79-94.

- ISO 10694 (1995) – *Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis)*. Geneve, Switzerland, International Organization for Standardization, 7 p.
- Kent, M. e Coker, P. (1992) - *Vegetation Description and Analysis. A Practical Approach*. London, Belhaven Press, 363 p.
- LQARS (1977) – *Sector de Fertilidade do Solo*. Lisboa, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, DGSA, Ministério da Agricultura, 39 p.
- LQARS (1986) - *Fósforo e potássio "assimiláveis"*. Lisboa, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Instituto Nacional de Investigação Agrária, Ministério da Agricultura Pesca e Alimentação, 9 p.
- LQARS (2000) – *Manual de fertilização das culturas*. Lisboa, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Instituto Nacional de Investigação Agrária, Ministério da Agricultura Pesca e Alimentação, 221 p.
- Lucas, M.D. e Sequeira, E.M. (1976) - Determinação do Cu, Zn, Mn, Fe, Ca, Mg, K, e Na totais das plantas por espectrofotometria de absorção atômica e fotometria de chama. *Pedologia*, 11, 1: 163-169.
- Madeira, M. (1995) – Efeitos das plantações de *Eucalyptus globulus* nas características do solo em condições mediterrânicas (Portugal). *Revista Florestal*, 8, 1: 3-22.
- Magalhães, M.C.F.S. (2000) – *Efeitos de técnicas de preparação do solo e gestão dos resíduos orgânicos em características físico-químicas do solo de plantações florestais*. Dissertação de doutoramento. Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, 285 p.
- Murphy, J. e Riley, J.P. (1962) - A modified single solution method for determination of phosphate in nature waters. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31-36.
- Nambiar, E.K.S. e Brown, A.G. (1997) – *Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests*. Canberra, Australia, Australian Centre for International Agricultural Research, 571 p. (ACIAR Monograph 43).