

## **Efeitos ambientais do abandono da agricultura em áreas de montanha**

João Azevedo<sup>1,\*</sup>, César Moreira<sup>2</sup>, Helena Pinheiro<sup>1,3</sup>, Carlos Loureiro<sup>4</sup> e João Castro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança; <sup>2</sup> – Escola Secundária de Mirandela, Mirandela; <sup>3</sup> – Câmara Municipal de Bragança, Bragança; <sup>4</sup> – Centro de Investigação e Tecnologias Agro-ambientais e Biológicas (CITAB), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real

\* – Autor para correspondência; email: [jazevedo@ipb.pt](mailto:jazevedo@ipb.pt)

As paisagens das regiões de montanha em Portugal encontram-se em acelerada alteração por efeito do abandono da agricultura. Neste trabalho analisámos as modificações da composição e da configuração da paisagem nos últimos 50 anos em duas freguesias do nordeste de Portugal e os efeitos dessas alterações no risco de incêndio e no sequestro de carbono. A paisagem foi classificada e cartografada para os anos de 1958, 1968, 1978 e 1992/3 e 2005/6 e descrita através de métricas. O efeito da alteração da paisagem no comportamento do fogo foi avaliado na freguesia de França por modelação e simulação em FlamMap. O carbono fixado na paisagem foi analisado na freguesia de Deilão a partir da estimação da biomassa dos sistemas naturais e de produção presentes. Em ambas as freguesias houve uma redução acentuada na área agrícola e um aumento da área florestal. Estas alterações, do mesmo tipo, conduziram à diminuição da heterogeneidade em França e ao seu aumento em Deilão. Em França, as alterações na paisagem criaram condições para a ocorrência de incêndios de maior dimensão e intensidade ao longo do tempo. Em Deilão conduziram a um aumento de 267% no carbono sequestrado na paisagem e a stocks médios, em 2005, de 17.97t/ha. Concluiu-se que as alterações da paisagem de montanha no nordeste de Portugal causadas por abandono da agricultura afectaram a estrutura da paisagem de forma distinta de acordo com as suas condições biofísicas e que essas alterações aumentaram o risco de incêndio e aumentaram a fixação de carbono na paisagem.

### **Introdução**

As áreas de montanha são fundamentais no fornecimento de serviços à sociedade, nomeadamente os de produção, suporte de biodiversidade, de regulação de processos hidrológicos e atmosféricos e de informação (Aguiar et al., 2009). Estas áreas encontram-se,

no entanto, em acelerada transformação conduzida pelo abandono da agricultura, um dos processos sócio económicos em curso com maiores efeitos potenciais nos serviços dos ecossistemas (Domingos et al., 2009). Talvez porque o abandono da agricultura em Portugal se fez sentir mais tarde do que em outros países da da Europa, só muito recentemente se começaram a avaliar os seus efeitos em estruturas e processos ecológicos (Moreira et al., 2001; Moreira e Russo, 2007; Aguiar et al., 2009, Azevedo et al., 2010). A avaliação objectiva dos efeitos destas alterações nos ecossistemas de montanha é, contudo, fundamental para a avaliação dos eventuais impactos económicos, ecológicos, sociais e outros sobre os seus serviços, para a compreensão dos fenómenos em curso e das tendências futuras e para a definição de medidas de gestão adequadas para esses espaços.

O fogo é uma perturbação integrante do funcionamento dos ecossistemas mediterrânicos com efeitos marcados na sua composição e organização espacial. Apesar de ser ainda um tema pouco explorado na literatura, prevê-se que as alterações da paisagem como as resultantes do abandono da agricultura afectem o comportamento do fogo e o seu regime, particularmente através do aumento da carga de combustíveis e da criação de condições de continuidade de formações de elevada carga na paisagem (Lloret et al., 2002; Lasanta-Martinez et al. 2005).

A fixação de carbono na vegetação e no solo é um serviço dos ecossistemas de elevada importância pelo seu efeito na redução do CO<sub>2</sub> atmosférico, o principal gás com efeito de estufa de origem antropogénica. A sua valorização decorre do facto de ser uma das acções prioritárias da Convenção Quadro das Nações Unidas Sobre Alterações Climáticas e do Protocolo de Quioto e do estabelecimento de mercados de carbono (UNFCCC, 1997). O carbono sequestrado na paisagem é particularmente afectado por alterações no uso e ocupação do solo (Caspersen et al., 2000). As variações do carbono fixado na paisagem dependem também da dinâmica de cada uso do solo particular e/ou da ocorrência de perturbações dos quais depende a exportação de carbono do sistema e as variações nos balanços a escalas espaciais e temporais particulares. Por via do abandono da agricultura o carbono fixado na paisagem tem vindo a aumentar na Europa prevendo-se continue a aumentar no futuro (Bolliger et al., 2008; Schulp et al., 2008).

Este trabalho tem como objectivos a análise da modificação da composição e da configuração da paisagem de duas áreas de montanha por abandono da agricultura e a análise dos efeitos dessas alterações em dois processos fundamentais na dinâmica das paisagens de montanha e na oferta de serviços dos ecossistemas: o fogo e o sequestro de carbono. Utiliza-se uma abordagem à escala da paisagem por se considerar que esta sintetiza bem as alterações

em curso e os seus efeitos. A sua monitorização é de particular importância na documentação das alterações mas também como forma de identificar padrões e prever consequências sobre processos fundamentais (e bens e serviços dos ecossistemas) como aqueles associados à conservação da biodiversidade, do solo e da água.

## **Métodos**

### *Áreas de estudo*

Este trabalho incidiu sobre as freguesias de França e Deilão, Concelho e Distrito de Bragança, consideradas áreas de montanha de acordo com os critérios de Aguiar et al. (2009). A freguesia de França ocupa uma área de 5700ha distribuídos por um planalto granítico acima de 1000m de altitude (máximo de 1481m), pelos vales acidentados do rio Sabor e do afluente Ribeira das Andorinhas e por uma porção aplanada do vale do Rio Sabor. A precipitação média anual é superior a 1200mm, (máximo de 1600mm nos pontos mais elevados) e a temperatura média anual é inferior a 8°C. A freguesia compreende as aldeias de França, Portelo e Montesinho e sua população totaliza 275 habitantes (INE, 2001). A população activa (100 dos 275 habitantes em 2001) dedica-se principalmente à agricultura (40%) e ao turismo (18%). A população tem vindo a decrescer desde 1960 quando apresentava 834 habitantes.

A freguesia de Deilão (4200ha) localiza-se a Este de França numa região dominada por planaltos de relevo ondulado situados entre os 600 e os 900m de altitude (máximo 958m) e intercalados por vales encaixados. A precipitação média anual é de 732mm e a temperatura média anual de 12,2°C. É constituída pelas aldeias de Deilão, Vila Meã e Petisqueira onde residem 219 habitantes que se dedicam principalmente à agricultura (44%) (INE, 2001). A população da freguesia passou de 629 habitantes em 1960 para 219 de 2001.

Ambas as freguesias possuem um elevado valor de conservação fazendo parte do Parque Natural de Montesinho (PNM), Área Protegida de importância nacional estabelecida em 1979, e da Rede Natura 2000 (União Europeia) como Sítio de Importância Comunitária (PTCON0002 – Montesinho/Nogueira) e como Zona de Protecção Especial para as Aves Selvagens (PTZPE0003 – Serras de Montesinho e da Nogueira).

### *Cartografia de usos do solo e análise da alteração da paisagem*

Para a classificação do uso do solo nas áreas de estudo utilizaram-se fotografias aéreas pancromáticas de largo formato digitalizadas correspondentes aos anos de 1958, 1968, 1980 e 1992 (Deilão) ou 1993(França) (Instituto Geográfico do Exército, Portugal) georeferenciadas

e ortorectificadas no âmbito deste trabalho. Utilizaram-se ainda ortofotomapas em formato digital de 2005 para França (Câmara Municipal de Bragança) ou 2006 para Deilão (Autoridade Florestal Nacional). As cartas de uso e ocupação do solo das 5 datas em análise foram produzidas por fotointerpretação em ambiente SIG com base no sistema de classificação do Instituto Geográfico Português, COS2005 - Carta de Ocupação do Solo para Portugal Continental de 2005 (Caetano et al., 2006). A dimensão mínima utilizada foi 0,5ha em Deilão e 0,25ha em França. Foram feitas verificações de campo quando necessário para os dados de 2005 (França) e 2006 (Deilão).

As modificações do uso e ocupação do solo ocorridas nas duas freguesias entre 1958 e 2006 foram descritas quantitativamente com base no cálculo de probabilidades de transição utilizando os dados relativos à classe de uso do solo do nível hierárquico menos detalhado. As probabilidades de transição foram calculadas entre cada par de datas consecutivas e entre a primeira e a última data. As alterações da estrutura da paisagem foram quantificadas para cada data a partir de métricas de composição e configuração da paisagem calculadas com a aplicação FRAGSTATS (Macgarigal and Marks, 1995). Estes métodos são descritos em detalhe por Moreira (2008) e Pinheiro (2009).

### *Fogo*

Na Freguesia de França analisámos o efeito das alterações na paisagem sobre o comportamento potencial do fogo. A abordagem seguida baseou-se na modelação do comportamento do fogo de superfície e do risco de incêndio utilizando FlamMap 3.0 (Finney 2006). Este modelo calcula parâmetros do comportamento do fogo (intensidade da frente do fogo, comprimento da chama ou taxa de propagação) para cada célula de uma matriz espacial com base em mapas de combustíveis e do terreno para condições meteorológicas e parâmetros do vento constantes permitindo cartografar e analisar a variabilidade espacial do comportamento do fogo nessa área. Para a criação dos mapas de combustível, converteram-se os mapas de uso e ocupação do solo para as 5 datas utilizando 7 dos 13 modelos NFFL (Northern Forest Fire Laboratory) standard de Anderson (1982). Para representação do terreno utilizou-se um modelo digital com uma resolução de 10m. As condições de humidade dos combustíveis foram fixadas para todos os modelos de combustível independentemente do terreno e do coberto mas correspondendo a condições meteorológicas extremas de verão. Para os resultados das simulações seleccionou-se a variável Intensidade da Linha de Fogo (kW/m) na direcção da taxa máxima de progressão do fogo para expressar o risco potencial de incêndio na paisagem. A matriz resultante foi posteriormente reclassificada de acordo com as

classes de Perigo de Incêndio de Alexander e Lanoville (1989) e analisado seu padrão espacial com base em métricas de paisagem (Macgarigal and Marks, 1995). A metodologia é descrita em detalhe por Azevedo et al. (2010).

### *Fixação de carbono*

Na freguesia de Deilão analisámos a fixação de carbono associada às transformações na paisagem. Para tal conjugaram-se uma série de métodos de quantificação de biomassa e estimação de carbono com base em trabalhos publicados e relativos aos sistemas em análise e aplicáveis à área de estudo.

As categorias de uso e ocupação do solo foram agrupadas nas classes Área agrícola, Área florestal e Área de matos. Em cada uma destas classes a estimação da biomassa e do carbono foi efectuada ao nível mais detalhado. Para a biomassa das unidades da classe Área florestal foram considerados biomassa das árvores, incluindo parte aérea e radicular, biomassa da folhada e biomassa da vegetação arbustiva do sub coberto. Para a componente aérea e radicular da biomassa das árvores foram utilizadas as equações de Montero et al. (2005) para os bosques de azinheira (*Quercus rotundifolia*) e os povoamentos de pinheiro bravo (*Pinus pinaster*) com base em valores médios do diâmetro à altura do peito (DAP). As estimativas para o nível do povoamento foram obtidas pela multiplicação dos valores da árvore individual média pela densidade. No caso dos bosques de azinheira foram utilizados parâmetros dendrométricos recolhidos por Possacos (2008) numa área que inclui a freguesia de Deilão. Para a caracterização dos povoamentos de pinheiro bravo usaram-se os dados de Branco (1994), obtidos no Perímetro Florestal de Deilão, e de Martins (2005), obtidos numa área que inclui a freguesia. Em cada caso foi estabelecido o percurso do diâmetro e densidade de cada povoamento ao longo do tempo com base no ano aproximado do seu estabelecimento e da sua condição nos anos de inventario. O carbono das unidades florestais foi calculado com base na biomassa e nas percentagens de carbono por kg de matéria seca indicadas por Montero et al. (2005): 47,5% para a azinheira e 51,1% para o pinheiro bravo. A estimação da biomassa e do carbono da folhada e da vegetação arbustiva nos sistemas florestais seguiu os valores apresentados por Silva et al. (2006).

Na classe Área de matos foram assumidos os valores de biomassa e carbono estabelecidos por Silva et al. (2006) para as sub-classes “área ardida” e “vegetação esparsa”. Para as restantes sub-classes desta categoria, onde estão incluídos os estevais (matos de *Cistus ladanifer*), urzais (matos de *Erica spp.*) e giestais (matos de *Cytisus spp.*), foram considerados os valores de Ramos (2008) obtidos na freguesia de França. A biomassa da área agrícola

estimou-se considerando os valores de Silva et al. (2006). Assumiu-se que a biomassa radicular é igual a metade da biomassa aérea e que o carbono presente é igual a metade da biomassa (Cotta, 2008).

Todos os cálculos foram efectuados por unidade de área (ha) sendo depois ajustados à área de cada polígono. Os procedimentos descritos foram seguidos de igual modo para todos os anos em análise. Para uma descrição pormenorizada da metodologia consultar Pinheiro (2009).

## **Resultados**

### *Alteração da paisagem*

Na freguesia de França a área agrícola sofreu um decréscimo de 77% no período em análise (Tabela1). Em 1958 ocupava 1174ha (22% da freguesia) passando para 260ha (5%) em 2005. A taxa de abandono é para o período total de 19.5ha/ano. Após 1968, quando se tornou mais regular era de, aproximadamente, 23ha/ano. As florestas apresentaram um acréscimo considerável no mesmo período, passando de 741ha (14% da freguesia) em 1958 para 1118ha (21%) em 2005 (Tabela1). As áreas de matos que já eram dominantes em 1958 (47% da freguesia), aumentaram até 2005 (52.5%). Grande parte destas alterações resultaram do abandono de áreas agrícolas que passaram a ser dominadas por matos num curto espaço de tempo. As florestações foram feitas sobretudo em áreas de matos excepto no período mais recente em que utilizaram também áreas agrícolas. As transições entre áreas de matos e floresta foram muito irregulares devido à ocorrência de fogos florestais e posterior reflorestação.

As alterações observadas na configuração da freguesia de França indicam uma redução na heterogeneidade da paisagem (Tabela 2). Houve um decréscimo no número de manchas e na métrica LPI (percentagem da paisagem ocupada pela mancha de maior dimensão entre todas as classes de uso do solo). Valores iniciais e finais nas métricas de orla e forma foram praticamente iguais apesar de mostrarem um forte decréscimo entre 1958 e 1993 quando a alteração de áreas agrícolas para áreas de matos foi mais marcada. Ao nível dos usos particulares, para as áreas agrícolas observaram-se decréscimos ligeiros no número de manchas e pronunciados na área média das manchas, LPI e densidade de orlas. As áreas de floresta e de matos decresceram em número de manchas e aumentaram fortemente área média das manchas. LPI aumentou nas áreas de floresta e decresceu nos matos. A densidade de orlas para estas classes aumentou ligeiramente. Em resumo, florestas e áreas de matos tornaram-se mais agregadas na paisagem criando menos unidades mas de maior dimensão. As áreas de

agricultura tornaram-se extremamente fragmentadas e localizadas nas proximidades de áreas urbanas e solos mais férteis.

*Tabela 1.* Ocupação da paisagem (em percentagem da área) nas freguesias de França e Deilão (Bragança) ao longo do período 1958 - 2005/6.

Classes de uso e coberto do solo	1958	1968	1978	1992-3	2005-6
<i>França</i>					
Área agrícola	21,8	20,4	14,9	9,2	4,8
Área de matos	47,4	47,9	52,4	51,8	52,5
Área florestal	13,8	15	14,7	18,7	20,8
Área Urbana	0,7	0,8	0,9	1	1,2
Afloramentos rochosos	14,2	14,2	14,3	14,3	14,4
Pastagens semi-naturais	2	1,8	2,7	4,4	5,8
Superfícies de água	0	0	0	0,6	0,6
<i>Deilão</i>					
Área agrícola	53,1	44,6	42,4	37,5	36,8
Área de matos	45,8	44,1	32,8	23,0	30,4
Área florestal	0,8	10,9	24,4	39,0	32,3
Área Urbana	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6

*Tabela 2:* Métricas da paisagem das freguesias de França e Deilão para o período 1958 - 2005/6.

Métricas	1958	1968	1978	1992-3	2005-6
<i>França</i>					
NP	836	906	764	766	751
LPI	23,9	14,6	19,1	14,9	15,7
ED	166,1	170,3	168,3	164,5	166,6
LSI	30,4	31,2	30,8	30,1	30,5
ENN_MN	86,0	146,3	265,1	209,4	162,2
<i>Deilão</i>					
NP	56	99	106	146	131
LPI	48,9	39,4	32,1	26,6	24,7
ED	67,6	68,4	72,5	76,3	73,3
LSI	10,9	12,5	13,4	13,9	13,3
ENN_MN	381,5	165,9	151,9	100,2	110,6

NP: número de manchas (#), LPI: percentagem da área ocupada pela mancha de maior dimensão na paisagem (%), ED: densidade de orlas (m/100ha), LSI: índice de forma (s/unidades), ENN:MN: distância ao vizinho mais próximo (m).

No caso de Deilão (Tabela 1), a alteração mais significativa da composição da paisagem observou-se nas florestas que passaram de 33ha em 1958 para 1354ha em 2006 (32% da área da freguesia). O máximo, no entanto, observou-se em 1992 com 1635ha ocupados. A área agrícola decresceu de 2228ha (53% da área da freguesia) em 1958 para cerca de 1525ha (37%) em 2006 de forma gradual, embora o período entre 1958 e 1968 fosse o de maior perda de área agrícola. As áreas de agricultura abandonadas foram sobretudo ocupadas por matos ou por florestas. As florestas cresceram, no entanto, sobretudo à custa das

áreas de matos. As florestações na área ocorreram em grande parte entre 1980 e 1992 e entre 1992 e 2006.

Durante o período de análise observou-se uma repartição dos usos e ocupações na paisagem de uma forma mais equilibrada e num aumento geral da heterogeneidade (Tabela 2). Tal é bem expresso por índices de diversidade e equitabilidade (não reportados neste trabalho) mas também pelo aumento muito acentuado do número de manchas, pelo aumento da extensão de orlas e diminuição de LPI. O aumento da heterogeneidade na paisagem assim verificado é melhor explicado considerando os usos do solo a nível individual. Observou-se que a área florestal e Área de matos aumentaram em número de manchas enquanto a Área agrícola diminuiu. Aumentou também a área média das manchas e as orlas da classe Área florestal diminuindo no caso da Área agrícola e Área de matos. O índice LPI decresceu acentuadamente na Área agrícola e na Área de matos e aumentou na Área florestal.

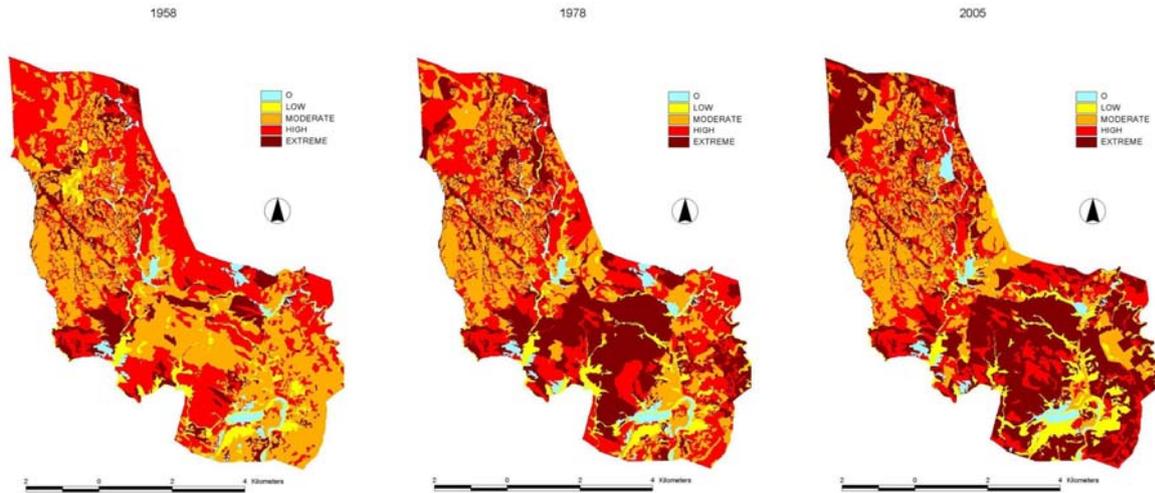
#### *Risco de incêndio*

A intensidade da linha de fogo na paisagem aumentou ao longo do período 1958-2005 (Figura 1). Estas alterações devem-se a um forte incremento nas áreas da classe de perigo mais elevado que representavam 10% da freguesia em 1958 e passaram a representar quase 40% da área em 2005 (Figura 2). Esta classe (EXTREME) substituiu as áreas das classes HIGH e MODERATE ao longo do período de estudo. Observou-se ainda um aumento da área média das unidades de perigo de incêndio EXTREME. Em termos de número de áreas a classe HIGH apresentou um aumento muito considerável e a classe EXTREME um aumento ligeiro. As alterações foram mais pronunciadas para o período entre 1958 e 1968. A taxa de crescimento da área classificada como EXTREME decresceu entre 1992 e 2005

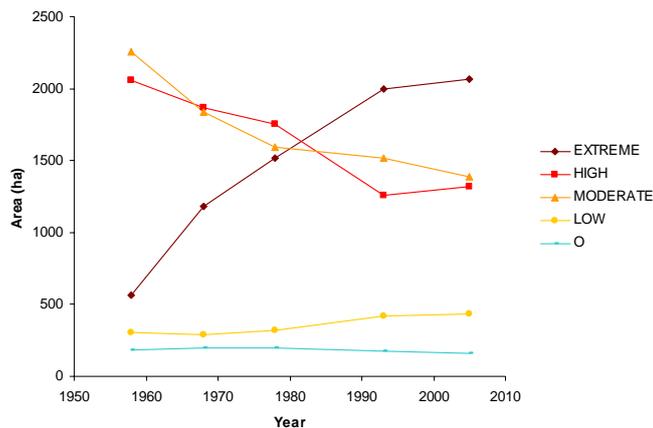
#### *Sequestro de carbono*

O carbono total fixado na biomassa viva da vegetação e na folhada do solo na paisagem aumentou de 20 572tC (4,9tC/ha) em 1958 para 75 449tC (18,0tC/ha) em 2006 (Tabela 3). Este aumento, da ordem dos 267%, deve-se principalmente à expansão e crescimento dos povoamentos florestais, as unidades que maiores quantidades de carbono fixam, e à redução das áreas agrícola, o uso de menor biomassa por unidade de área, e de matos. A área florestal sofreu uma forte expansão em 1968 resultante da plantação de uma área muito significativa. Este facto fez diminuir inicialmente o carbono por unidade de área por diluição do carbono numa área muito extensa, mas conduziu ao aumento do carbono por unidade de área, particularmente entre 1968 e 1980 e entre 1992 e 2006. O carbono por

unidade de área na data mais recente atingiu um valor médio de 49,2tC/ha (Tabela 3). Para o período em estudo observou-se uma taxa anual média de fixação de carbono de 0,272tC/ha/ano na freguesia. Espacialmente, as variações na distribuição do carbono na paisagem acompanharam o padrão de abandono da agricultura e desenvolvimento da floresta (Figura 3). A dinâmica espacial da distribuição do carbono na paisagem observada é devida aos processos já referidos: abandono, florestação e incêndios.



*Figura 1:* Resultados das simulações de FlamMap para a variável Intensidade da Linha de Fogo (kW/m) na freguesia de França para 1958, 1978 e 2005 após reclassificação de acordo com as classes de Perigo de Incêndio de Alexander e Lanoville (1989): LOW - ILF < 500kW/m; MODERATE – ILF de 500 a 2000 kW/m; HIGH - ILF de 2000 a 10000kW/m; EXTREME - ILF >10000 kW/m.



*Figura 2:* Área ocupada pelas unidades de Intensidade da Linha de Fogo classificadas de acordo com as classes de Perigo de Incêndio de Alexander e Lanoville (1989) (ver legenda da Figura 1) ao longo do período 1958-2005.

Tabela 3: Carbono total, por uso do solo e por ano na freguesia de Deilão no período 1958 - 2006.

	Área Agrícola			Área Florestal			Área de Matos			Total	
	(tC)	(tC/ha)	(%)	(tC)	(tC/ha)	(%)	(tC)	(tC/ha)	(%)	(tC)	(tC/ha)
1958	5602,3	2,5	27,2	1350,2	40,8	6,6	13619,2	7,1	66,2	20571,7	4,9
1968	4246,4	2,3	18,9	4056,9	8,8	18,0	14200,9	7,7	63,1	22504,1	5,4
1980	4692,4	2,6	12,0	25149,1	24,6	64,4	9234,2	6,7	23,6	39075,7	9,4
1992	4324,6	2,7	7,9	44834,0	27,4	81,4	5925,0	6,1	10,8	55083,6	13,2
2006	3234,7	2,1	4,3	66573,2	49,2	88,2	5641,2	4,4	7,5	75449,1	18,1

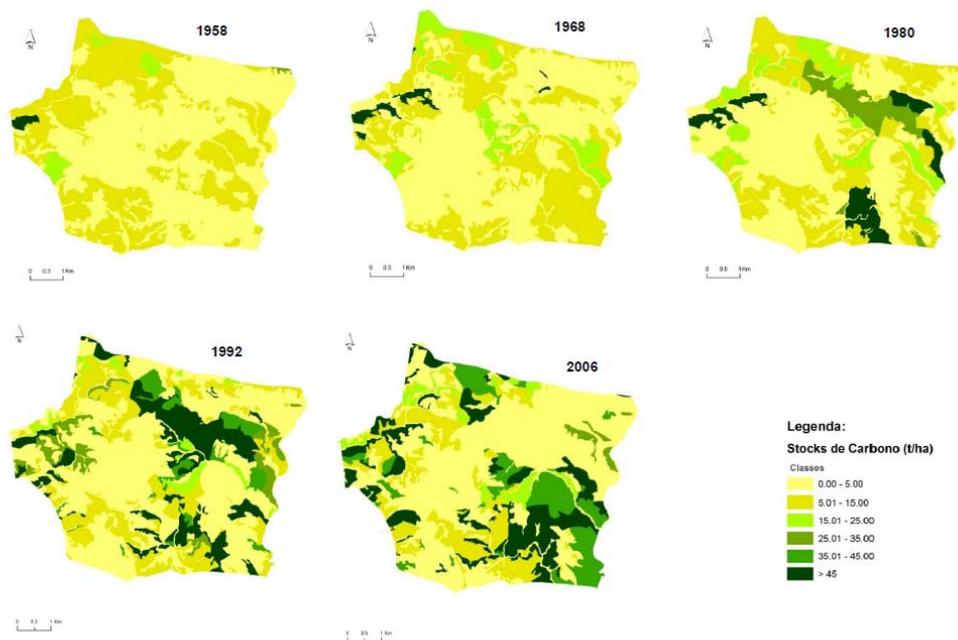


Figura 3: Distribuição do carbono fixado na paisagem na freguesia de Deilão no período 1958 - 2006.

## Discussão

O abandono de terras agrícolas e/ou a substituição de culturas anuais por culturas perenes, de menor manutenção, como as florestais, tem sido uma das tendências de modificação da ocupação do solo mais recentes em áreas de montanha e outras (Moreira et al. 2001, Moreira et al. 2008, Coelho-Silva, 2006). As modificações da composição e configuração da paisagem no período dos últimos 50 anos nas freguesias de França e Deilão parecem nítidas embora aparentemente contraditórias. Em França o abandono resultou numa diminuição da heterogeneidade<sup>1</sup> da paisagem enquanto que em Deilão resultou no oposto, ou seja num aumento da heterogeneidade. A diminuição da heterogeneidade em França deve-se

<sup>1</sup> Heterogeneidade é aqui considerada simultaneamente em termos de diversidade de tipos, números, dimensões, formas e adjacências.

ao quase desaparecimento da classe de Área agrícola e ao aumento da dominância das classes florestal e de matos que passaram a distribuir-se também de forma mais contínua no território. A área agrícola era já relativamente reduzida à partida (22% da freguesia em 1958) assegurando, no entanto, uma heterogeneidade relativamente elevada que se viria progressivamente a perder à medida que diminuiu até aos 4,8% actuais. No caso de Deilão o aumento de heterogeneidade deveu-se a um processo simétrico ao observado para França: introdução de elementos florestais, praticamente inexistentes no início do período de estudo, numa matriz dominada por usos agrícolas (53% da freguesia em 1958). Contudo, mesmo com a expansão registada, as florestas nunca ultrapassaram as áreas agrícolas, resultando dos processos de alteração um equilíbrio entre áreas agrícolas, florestais e de matos que ocupam sensivelmente a mesma proporção da paisagem.

Demograficamente, as duas freguesias são idênticas (população actual de 4.9 habitantes/km<sup>2</sup> em França e 5,2 habitantes/km<sup>2</sup> em Deilão; decréscimo populacional entre 1960 e 2001 de 67% em França e 65% em Deilão). O que distingue os processos de abandono na paisagem nos dois casos é possivelmente de âmbito exclusivamente ambiental. França constitui um caso extremo de paisagem de montanha em que as condições biofísicas do maciço montanhoso limitam consideravelmente a actividade agrícola (solos agricultáveis escassos e dispersos, relevo complexo e impeditivo de mecanização, condições climáticas extremas e período de crescimento vegetativo muito curto, entre outros) agravado por um processo de redução da população (e envelhecimento) desde a década de 60. O mesmo retrocesso demográfico ocorrido em Deilão não parece ter tido consequências comparáveis. As condições do relevo, dos solos e do clima menos extremas em Deilão, são propícias à actividade agrícola que, embora afectada por abandono, sofreu uma redução menos marcada na sua área agrícola (31% em contraste com os 78% de França).

As alterações da paisagem do tipo das verificadas na freguesia de França permitem especular sobre a tendência deste território para o aumento do risco de incêndio na paisagem ou o favorecimento gradual de condições para a ocorrência de fogos de elevada intensidade (Moreira et al., 2008). Os resultados deste estudo parecem suportar esta ideia. Para além do aumento da área genérica à qual estão associados os valores mais elevados da Intensidade da Linha de Fogo (EXTREME), por substituição das áreas de classe HIGH e MODERATE, observou-se também um aumento da dimensão de unidades contínuas da classe EXTREME. Este estudo parece assim indicar assim a tendência associada ao abandono da actividade agrícola para a ocorrência de incêndios mais severos e de maior dimensão ao longo do tempo. Na freguesia de França, os fogos florestais são frequentes e significativos em termos de

periodicidade e área queimada cujos efeitos se encontram já expressos nos resultados do estudo. Mesmo com esta redução de combustíveis pela ocorrência de incêndios, observa-se uma tendência aumentar a possibilidade de ocorrência de grandes incêndios com efeitos catastróficos sobre a biodiversidade, sobre o solo e sobre a água (Carvalho et al. 2002; Moreira and Russo 2007).

Em Deilão, as alterações na paisagem foram acompanhadas por um rápido e significativo aumento do carbono fixado na vegetação e na manta morta do solo, da ordem dos 270%. Este aumento deve-se à expansão da área florestal e ao crescimento dos povoamentos florestais instalados por via de investimentos realizados pelo Estado Português na arborização de baldios e outras áreas, particularmente entre 1968 e 1992. Em 1958 a área florestal consistia em apenas 33ha de bosque de azinheira. As plantações de pinheiro bravo substituíram usos do solo aos quais estão associados stocks de carbono modestos por floresta, o uso do solo que maiores quantidades de biomassa produz. Com o crescimento desses povoamentos a biomassa e o carbono aumentaram exponencialmente e deverão continuar a aumentar mesmo com a ocorrência de incêndios. Uma vez que este estudo exclui o carbono no solo, o componente dos ecossistemas terrestres responsável pelo armazenamento da maior quantidade de carbono (Watson et al., 2000), o efeito de fixação de carbono pode ser ainda mais elevado do que o apurado neste estudo. Este facto permite considerar que o processo de abandono se repercute marcadamente no aumento do carbono sequestrado na paisagem.

Este trabalho permitiu descrever de forma quantitativa as alterações ocorridas em paisagens de montanha do nordeste de Portugal nos últimos, sensivelmente, 50 anos. As alterações estruturais da paisagem reflectem a tendência geral observada noutras regiões da Europa sujeitas a processos do mesmo tipo (Zomeni et al., 2008). No entanto, de acordo com a situação inicial da paisagem no início do processo de abandono o que é determinado essencialmente pelas características biofísicas do território, esses efeitos podem ser de direcção divergente. Os processos analisados em ligação estreita às modificações estruturais da paisagem são também afectados por estas alterações. O risco de incêndio aumentou consideravelmente ao longo do período de estudo aumentando com ele a possibilidade de ocorrência de fogos de elevada intensidade e dimensão. Tal deve obrigar à intervenção na paisagem de forma definir um padrão estável que minimize os efeitos negativos e maximize os positivos (ou serviços) (Azevedo et al., 2010). A fixação de carbono, por outro lado, é largamente favorecida pelo abandono, podendo este processo ser convenientemente valorizado nas paisagens em abandono. Uma vez que a fixação de carbono partilha grande parte da sua dinâmica com os fogos, ambos determinados pela estrutura e dinâmica da

paisagem, os dois processos deverão ser combinados com outros relevantes ao nível da gestão sustentável da paisagem na definição óptimos ambientais para os quais as áreas de montanha poderão ser conduzidas.

## Referências

- Anderson, H.E. (1982). Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. Gen. Tech. Rep. INT-122. USDA For. Serv.
- Aguiar, C., O. Rodrigues, J. Azevedo & T. Domingos (2009). Montanha. In H. M. Pereira, T. Domingos, L. Vicente E V. Proença (eds.) *Ecosistemas e Bem-Estar Humano: Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. Escolar Editora, Lisboa. Pp. 295-339. 2009.
- Azevedo, J.C., C. Moreira, J.P. Castro & C. Loureiro (2010) Agriculture abandonment, land-use change and fire hazard in mountain landscapes in Northeastern Portugal. In C. Li, R. Laforteza and J. Chen (eds.) *Landscape Ecology and Forest Management: Challenges and Solutions in a Changing Globe*. HEP-Springer. *In Press*.
- Bolliger, J., F. Hagedorn, J. Leifeld, J. Bohl, S. Zimmermann, R. Soliva & F. Kienast (2008). Effects of land-use change on carbon stocks in Switzerland. *Ecosystems* 11:895-907.
- Carvalho, T.M.M., C.O.A. Coelho, A.J.D. Ferreira & C.A. Charlton (2002). Land degradation processes in Portugal: Farmers' perceptions of the application of European agroforestry programmes. *Land Degrad. Dev.* 13: 177-188.
- Cotta, M.K., L.A.G. Jacovine, H.N. de Paiva, C.P.B. Soares, A.C.V. Filho & S.R. Valverde (2008). Quantificação de Biomassa e estimativa e Geração de Certificados de Emissões reduzidas no consórcio Seringueira-cacau. *Revista Arvore* 32, 969-978.
- Instituto Nacional De Estatística (2001). Censos 2001, resultados definitivos. Norte. INE, Lisboa.
- Finney, M.A. (2006). An Overview of FlamMap Fire Modeling Capabilities. In Andrews PL, & B.W. Butler (eds.). *Fuels Management - How to Measure Success*, pp. 213-220. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Portland, OR.
- Lasanta-Martinez, T., S.M. Vicente-Serrano & J.M. Cuadrat-Prats (2005). Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees. *Appl. Geogr.* 25: 47-65.
- Lloret, F, E. Calvo, X. Pons & R. Díaz-Delgado (2002). Wildfires and landscape patterns in the Eastern Iberian Peninsula. *Landsc. Ecol.* 17: 745-759.

- McGarigal, K. & B.J. Marks (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 p.
- Moreira, C.A.S. (2008). Alteração da paisagem e comportamento do fogo na freguesia de França, Bragança. Tese de Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza. Universidade dos Açores, Dezembro de 2008. 61pp.
- Moreira, C., J. Castro & J. Azevedo (2008). Landscape change in a mountainous area in Northeastern Portugal: implications for management. In Panagopoulos, T., J.B. Burley & S. Celikyay (eds.) *New aspects of urban planning and transportation: proceedings of the 12 WSEAS international conference on urban planning and transportation.*, pp. 122-126. WSEAS Press.
- Moreira, F., F.C. Rego & P.G. Ferreira (2001). Temporal (1958-1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence. *Landsc. Ecol.* 16: 557-567.
- Moreira, F. & D. Russo (2007). Modelling the impact of agricultural abandonment and wildfires on vertebrate diversity in Mediterranean Europe. *Landsc. Ecol.* 22: 1461-1476.
- Pinheiro, H.M.P. (2009). Alteração do uso do solo e stocks de carbono na freguesia de Deilão, Bragança. Dissertação de mestrado em Gestão de Recursos Florestais, ESA/IPB, Bragança, Novembro de 2009. 49pp.
- Schulp, C.J.E., G.J. Nabuurs & P.H. Verburg (2008) Future carbon sequestration in Europe - Effects of land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 127: 251-264.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (1997). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations, New York.
- Watson, R.T., M.C. Zinyowera & R.H. Moss. (2000) The regional impacts of climate change. IPCC, Cambridge University Press, 527pp.
- Zomeni M., J. Tzanopoulos & J.D. Pantis (2008). Historical analysis of landscape change using remote sensing techniques: An explanatory tool for agricultural transformation in Greek rural areas. *Landscape and Urban Planning* 86: 38-46.