Silva Lusitana, ***21****(1): 61 - 72, 2013*

© UEISSAFSV, INIAV, Oeiras, Portugal

Exploração Lenhosa de *Pinus Pinaster* em Áreas com Perigo de Fogo

***Mónica Fernandes Jorge, **Maria Adelaide Cerveira e ***Teresa Fidalgo Fonseca**

Sumário. Neste trabalho conjuga-se a exploração sustentável de material lenhoso com a avaliação da capacidade de propagação de fogo em pinheiro bravo num conjunto de 5 áreas comunitárias (baldios), no Norte de Portugal, para o período de 2012 a 2016. Foram considerados dois cenários: ausência de intervenção *versus* implementação de um plano de exploração. Para obter o plano usou-se um modelo de otimização visando a maximização do material lenhoso removido, considerando um conjunto de restrições.

As caraterísticas do fogo foram determinadas com recurso ao simulador PiroPinus. Para cada parcela, registou-se a capacidade de propagação do fogo ao nível de vegetação de sub-bosque (fogo de superfície) e a propagação do fogo às copas, distinguindo-se neste caso, fogo de copas passivo ou ativo, dependendo da velocidade da propagação do fogo. Em 2012 havendo deflagração, cerca de 1/3 da área é propensa a fogo de copas. Em 2016 verificou-se uma redução nessa proporção, quer se adote ou não o plano de exploração. Isto deve-se ao estado de desenvolvimento dos povoamentos (maturidade) e à sua evolução natural, cujo crescimento se traduz num aumento da altura média a que se encontram as copas com uma concomitante redução na possibilidade de propagação do estrato superficial às copas.

Palavras-chave: incêndio, gestão sustentável, pinheiro-bravo

---

* Licenciada, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013, 5001-801 VILA REAL, PORTUGAL;
E-mail: monicafj_87@hotmail.com
** Professora Auxiliar, DM – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013, 5001-801 VILA REAL, PORTUGAL; CIO – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 LISBOA, PORTUGAL;
E-mail: cerveira@utad.pt
*** Professora Auxiliar, CIFAP – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013, 5001-801 VILA REAL, PORTUGAL;
E-mail: tfonseca@utad.pt

Forest management for timber production in fire prone areas of *Pinus pinaster*

Abstract. This study combines a sustainable forest management for timber production with the assessment of the spread of fire, in a maritime pine forest located in the northern region of Portugal, during the period 2012-2016. The study area refers to 1393 ha, distributed among five common lands called *baldio* areas. Two scenarios were analyzed: absence of intervention *versus* thinning and clear-cutting scheduling using a timber management plan. The plan was obtained by an optimization model where the goal is to maximize the removed timber given a set of constraints. The characteristics of the fire were determined with the simulator PiroPinus. The output individualizes between surface fire and crown fire, distinguishing in the case of the canopy layer, a passive or active crown fire, depending on the speed of spread of fire. In 2012 the proportion of area prone to crown fire is around 1/3. In 2016 that proportion decreases. This is due to the stand development stage of the studied stands (maturity) and to the natural evolution of the forest. The crown height increases with stand age with a simultaneous reduction in the possibility of fire spreading to the canopy layer.

Key words: forest fire, sustainable, maritime pine

Gestion de peuplements de *Pinus pinaster* pour la production de bois en zones sujettes aux feux de forêt

Résumé. Cette étude combine une gestion durable des forêts pour la production de bois à l'évaluation de la propagation du feu, dans une forêt de pin maritime situé dans la région nord du Portugal, au cours de la période 2012-2016. La zone d'étude se réfère à 1393 ha, répartis entre cinq terres communes appelées zones Baldio. Deux scénarios ont été analysés: l'absence d'intervention contre l'éclaircie et coupe rase utilisant un plan de gestion forestière. Le plan a été obtenu par un modèle d'optimisation dont le but est de maximiser le bois prélevé étant donné un ensemble de contraintes. Les caractéristiques du feu ont été déterminées avec le simulateur PiroPinus. La sortie individualise le feu de surface des feux de canopée, en distinguant dans le cas de la canopée, un feu passif ou actif, en fonction de la vitesse de propagation du feu. En 2012, la proportion de la zone sujette aux feux de canopée est de 1/3 environ. En 2016, cette proportion diminue. Cela est dû à la phase de développement des peuplements étudiés (maturité) et à l'évolution naturelle de la forêt. La hauteur de la couronne augmente avec l'âge du peuplement avec une réduction simultanée de la possibilité de propagation du feu à la canopée.

Mots clés: feux de forêt, durable, pin maritime

Introdução

O pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Ait.) é a espécie resinosa predominante em Portugal, ocupando cerca de 27% da área florestal nacional (885019ha). É muito importante a nível económico, mas a sua exploração encontra-se condicionada devido a três fatores: o nemátodo da madeira do pinheiro, os incêndios florestais e as alterações climáticas. Na região Norte os incêndios florestais são o fator que tem atualmente maior impacto. No caso do pinhal bravo, o perigo de incêndio é principalmente alto nos primeiros anos, em que ainda não houve nem desramação nem desbaste e os povoamentos se encontram com uma maior densidade, atingindo o pico de combustibilidade por volta dos 15 anos de idade (FERNANDES, 2007).

Para evitar que um fogo de superfície passe para as árvores, são preconizadas medidas de silvicultura preventiva, incluindo (1) a redução do coberto arbustivo, através de intervenções mecânicas, pastoreio, tratamentos químicos e/ou uso de técnicas de fogo controlado, (2) a desramação e (3) a realização de desbaste. A realização de desbastes ainda que possa provocar um aumento ligeiro da intensidade do fogo de superfície, devido à maior secura do material que fica, diminui a vulnerabilidade do povoamento ao fogo de copas (FERNANDES, 2007).

Este estudo respeita a 1398 ha de pinhal bravo que abrange 5 áreas comunitárias (baldios de Canedo, 121ha; Seirós, 341ha; Melhe, 306ha; Santa Marinha Norte, 465ha; Santo Aleixo, 165ha), no concelho de Ribeira de Pena, na região Norte de Portugal (41º24'N e 41º39'N; 7º42'W e 7º54'W). Na região de estudo, a gestão está dirigida para exploração da madeira e considera a realização de desbastes pelo baixo a partir dos 15- 20 anos, podendo prolongar-se, com uma periodicidade não inferior a cinco anos. O corte final realiza-se entre os 40 e os 45 anos, de forma a garantir que a idade da explorabilidade absoluta já tenha sido atingida e a madeira retirada tenha dimensões adequadas para ser classificada como de serração (MOREIRA e FONSECA, 2002). A gestão florestal é feita de forma empírica, pelo que nem sempre são consideradas as práticas preventivas aconselhadas.

Para otimizar a gestão florestal preconiza-se a utilização de Sistemas de Suporte à Decisão. A partir de meados do século 20, verificou-se uma grande expansão das aplicações de programação matemática no domínio das ciências florestais (veja-se WEINTRAUB *et al*, 2007 para uma revisão das principais abordagens e exemplos de aplicação). Em trabalhos anteriores (MOTA, 2011 e FONSECA *et al*., 2012) foram propostos modelos de otimização para determinar planos de exploração para o pinhal bravo da região, mas sem todavia fazerem referência à avaliação do perigo de fogo.

Os objetivos específicos deste estudo são (1) a aplicação de um algoritmo de otimização para obter o plano de exploração ótimo para o período 2012 a 2016; (2) a comparação dos resultados obtidos quanto ao volume e à capacidade de propagação do fogo, em 2016, quando se adota o plano de exploração comparativamente à não intervenção produtiva.

Material e métodos

Caraterização sumária dos dados disponíveis

A descrição da criação da base de dados inicial, assim como os procedimentos seguidos para a calibração dos dados de inventário em pinhal bravo, que a suportam, e a estimação das variáveis dos povoamentos encontra-se detalhada em MOTA (2011) e em FONSECA *et al*. (2012).

A área de estudo está estratificada em 881 parcelas de gestão com áreas compreendidas entre os 0,5 e os 2,5ha (média global de 1,6ha), com a seguinte distribuição: 86 em Canedo, 212 em Melhe, 208 em Santa Marinha, 280 em Santo Aleixo e 95 em Seirós.

Em 2012, os extremos de idade nas parcelas são 21 e 48 anos e a idade média, ponderada pela área, é de 32 anos. O número médio de árvores por hectare (*N*, árv/ha) varia entre 500 a 900 e a média quadrática dos diâmetros (*dg*,cm) entre 25 e 30.

No Quadro 1 carateriza-se a lotação dos povoamentos e a estrutura vertical das parcelas de gestão, no início do período de planeamento. A caraterização da lotação é baseada na variável índice de densidade dos povoamentos (*SDI*, "Stand Density Index") e na linha de máxima densidade definida para o pinheiro bravo em Portugal por LUIS e FONSECA (2004).

Quadro 1 *- Lotação (SDI) e estrutura vertical (altura total, h, e altura até à base da copa, cbh) das parcelas, em 2012.*

Baldio	**SDI (%)**			**h (m)**			**cbh (m)**		
	Min.	Média	Max.	Min.	Média	Max.	Min.	Média	Max.
Canedo	32,6	43,0	48,2	14,8	15,5	16,5	8,7	9,3	9,8
Melhe	8,2	32,0	45,1	14,1	15,3	16,7	7,0	8,9	9,9
Sta Marinha	17,2	26,4	35,6	12,2	14,6	16,3	6,3	8,2	9,6
Sto Aleixo	26,3	36,6	57,5	13,9	15,7	17,1	7,6	9,4	11,3
Seirós	16,0	25,5	44,9	13,6	16,0	16,8	7,7	9,3	9,9

Simulação da perigosidade do fogo com recurso ao PiroPinus

Neste estudo usou-se a aplicação informática PiroPinus (FERNANDES *et al*., 2012) para obter indicação quanto ao tipo de incêndio que pode ocorrer nas parcelas de gestão. As condições base para a simulação dizem respeito à época estival, admitindo valores de humidade de 5% e velocidade de vento de 8km/h. A simulação presume que há uma gestão periódica do combustível de superfície, com um ciclo de limpeza de 4-5 anos. As condições de combustível usadas correspondem a um pinhal recém-tratado (2-3 anos), tendo-se assumido uma altura de folhada de 2cm, uma altura média de sub-bosque de 60cm e um coberto arbustivo de 30%. Para o coberto herbáceo e/ou de fetos, assumiu-se um valor de 10% e uma altura média de 60cm. Estes valores correspondem à perceção da acumulação do combustível com o tempo, sendo considerados representativos para os baldios da área de estudo, conforme verificação no terreno e parecer de um técnico florestal que trabalha na região. Os valores estão em consonância com o verificado na vizinha serra da Padrela, 2-3 anos após fogo controlado (FERNANDES *et al*., 2004).

Os valores de entrada referentes ao estrato arbóreo incluem as variáveis *N*, *dg*, *h* e *cbh*, já definidas. As variáveis de saída registadas para cada parcela e em cada ano do período foram o tipo de propagação de fogo, com as categorias: fogo de superfície (*Fs*), ou quando o fogo chega às copas, fogo de copas passivo (*Fcp*) ou ativo (*Fca*).

Algoritmo de otimização

O planeamento das atividades de gestão florestal teve como suporte um modelo de programação linear inteira desenvolvido por MARTINS *et al.* (2012). O modelo permite identificar onde se deve intervir, qual o tipo de intervenção que se deve efetuar (corte raso ou desbaste) e quando (em que ano do horizonte de planeamento), de modo a maximizar o volume de madeira retirado, atendendo a um conjunto de restrições silvícolas, organizacionais, espaciais e de sustentabilidade. As restrições silvícolas, asseguram um intervalo mínimo de 5 anos entre intervenções e introduzem limites nas idades dos povoamentos a submeter a corte raso (mínimo de 35 anos) ou desbaste (entre 15 e os 55 anos, inclusive, desde que o valor de *SDI* seja superior ou igual a 60%, de forma a antecipar a mortalidade natural). As restrições organizacionais garantem uma gestão equilibrada ao longo do período de planeamento, ao nível da quantidade de material lenhoso removido e a obtenção de receita por baldio, pelo menos, a cada triénio.

As restrições espaciais, designadas por *green-up*, impõem uma área máxima de 10ha, valor estipulado pela Autoridade Florestal Nacional, para as clareiras (consideradas como uma área contígua temporariamente desarborizada por corte raso) e impedem o corte raso de parcelas adjacentes durante um período de 3 anos, que é o tempo médio que a espécie demora a atingir 20 a 30cm de altura depois de um corte raso, após regeneração natural. Para assegurar a sustentabilidade impõe-se que o volume de madeira em pé (*Vp*, m^3) e o acréscimo anual de produção de madeira em 2016 seja superior ou igual aos correspondentes valores em 2012.

O modelo foi implementado no sistema *Xpress Optimizer Version* 22.01.0.

Resultados e discussão

No Quadro 2 apresentam-se os valores da idade média dos pinhais (*t*), ponderada pela área, os valores de volume em pé (*Vp*) dos baldios e ainda a capacidade de propagação do tipo de fogo esperado, em 2012.

Quadro 2 *- Idade, volume em pé e possibilidade de propagação do fogo, em 2012.*

Baldios	**t (anos)**	**Vp (m^3)**	**Fs**		**Fcp**		**Fca**	
			ha	**%**	**ha**	**%**	**ha**	**%**
Canedo	34,1	38957	121	100	0	0	0	0
Melhe	29,0	70267	303,0	88,7	19,4	5,7	19,0	5,6
Sta. Marinha	32,0	62781	200,4	65,6	0	0	105,1	34,4
Sto. Aleixo	32,4	124386	408,2	87,8	0	0	56,7	12,2
Seirós	38,5	29752	156,3	94,7	0	0	8,8	5,3
Global	32	326143	1188,9	85,1	19,4	1,4	189,6	13,5

Verifica-se que em 2012, no conjunto dos 5 baldios, 85,1% da área apresenta capacidade de propagação de fogo de superfície. A possibilidade de propagação a fogo de copas passivo ocorre apenas no baldio de Melhe. No baldio de Santa Marinha mais de 1/3 da área apresenta capacidade de propagação a fogo de copas ativo.

Os resultados podem estar associados a vários fatores: a idade das árvores, o espaçamento entre elas e a distância até à base da copa. No caso do baldio de Melhe, as árvores apresentam uma distância à base da copa não muito elevada (8,9m), comparativamente a valores observados noutros baldios, e uma densidade média de 32%, indicando que as árvores se encontram relativamente espaçadas. O baldio de Santa Marinha apresenta povoamentos jovens, com elevado número de árvores por hectare (2200). Acresce neste caso a pouca distância à base das copas, 8,2m, o valor médio mais baixo observado no conjunto dos 5 baldios.

No Quadro 3 apresenta-se o resultado da evolução dos povoamentos, na ausência de qualquer intervenção.

Quadro 3 *- Idade, volume em pé e comportamento do fogo em 2016, na ausência de plano de exploração.*

Baldios	**t (anos)**	**Vp (m^3)**	**Fs**		**Fcp**		**Fca**	
			ha	**%**	**ha**	**%**	**ha**	**%**
Canedo	38,1	49339	121	100	0	0	0	0
Melhe	33,0	96256	326,3	95,5	13,3	3,9	1,9	0,6
Sta. Marinha	35,9	84762	246,3	80,6	0	0	59,2	19,4
Sto. Aleixo	36,4	164593	440,7	94,8	0	0	24,2	5,2
Seirós	42,5	36726	165	100	0	0	0	0
Global	36,3	431676	1299,3	92,9	13,3	0,9	85,3	6,1

Em 2016 há uma redução da proporção de área em perigo de sofrer fogo de copas ativo relativamente a 2012. O baldio de Seirós deixa de apresentar parcelas com esse tipo de perigo e no baldio de Santa Marinha a redução é de 105 para 59 ha. Há também redução na possibilidade de ocorrer fogo de copas passivo no baldio de Melhe. A esta redução não é alheia a evolução natural das caraterísticas biométricas dos povoamentos, nomeadamente o aumento em altura das árvores e um maior distanciamento das copas ao solo.

Nos Quadros 4 e 5 apresentam-se os resultados obtidos de acordo com o plano de gestão usando o modelo de otimização quanto ao volume de madeira removida em cada um dos anos do horizonte de planeamento e à capacidade de propagação de fogo em 2016.

Quadro 4 *- Plano de exploração para o período 2012-2016.*

Baldios	**Volume de madeira removida (m³)**					
	2012	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**Total**
Canedo	1267	1295	1167	0	0	3729
Melhe	2989	3532	0	0	3206	9726
Sta. Marinha	0	841	0	0	905	1746
Sto. Aleixo	0	0	8602	8726	9940	27269
Seirós	2576	2499	0	2993	0	8068
Total	6832	8167	9769	11719	14051	50538

Do volume total de madeira removida, 89% é obtido em corte raso. A área sujeita a corte raso é 124ha e a de desbaste é de 44ha que equivale, respetivamente a 8,87% e 3,12% da área total. Os desbastes só ocorrem no baldio de Santo Aleixo porque é o único que, durante o período de planeamento, atinge valores de *SDI* de 60%. A análise detalhada da solução permitiu verificar que a realização de desbaste ocorre em povoamentos com idades compreendidas entre 26 e 39 anos, enquanto o corte raso é efetuado em povoamentos com idades entre os 41 e 50 anos.

Quadro 5 *- Idade, volume em pé e comportamento do fogo em 2016, adotando o plano de exploração.*

Baldios	**t (anos)**	**Vp (m³)**	**Fs**		**Fcp**		**Fca**	
			ha	**%**	**ha**	**%**	**ha**	**%**
Canedo	34,7	45058	111,5	100	0	0	0	0
Melhe	29,8	85367	301,6	95,2	13,3	4,2	1,9	0,6
Sta. Marinha	35,2	82866	241,1	80,3	0	0	59,2	19,7
Sto. Aleixo	31,8	137070	391,8	94,2	0	0	24,2	5,8
Seirós	32,2	28076	129,1	100	0	0	0	0
Global	32,3	378437	1175,2	92,3	13,3	1,0	85,3	6,7

A solução foi representada em ambiente ArcGis, para cada um dos baldios. Na Figura 1, apresenta-se como exemplo o mapa para o baldio de Santo Aleixo. O efeito das restrições de *green-up* é visível na solução obtida, onde a maior clareira, num período de 3 anos consecutivos, tem uma área de 9,7ha (assinalada na Figura 1).

Comparando as caraterísticas dos baldios em 2016 na ausência do plano de exploração (Quadro 3) com as obtidas na presença do plano de exploração (Quadro 5) verifica-se que na ausência de intervenção, a quantidade de madeira em 2016 é superior em 2700m^3 ao valor acumulado entre o que permanece em pé nesse ano e o que foi removido durante o período, no caso de se efetuarem intervenções. A idade média do pinhal é superior na ausência de intervenção, o que confirma serem os povoamentos mais velhos que, de uma forma geral, são os sujeitos a corte raso. Esse facto pode também explicar, mesmo que não totalmente, a semelhança encontrada em 2016 ao nível de tipo de propagação de fogo esperado. Ainda que a área não seja comparável, em termos percentuais, as variações observadas por tipologia, são apenas residuais.

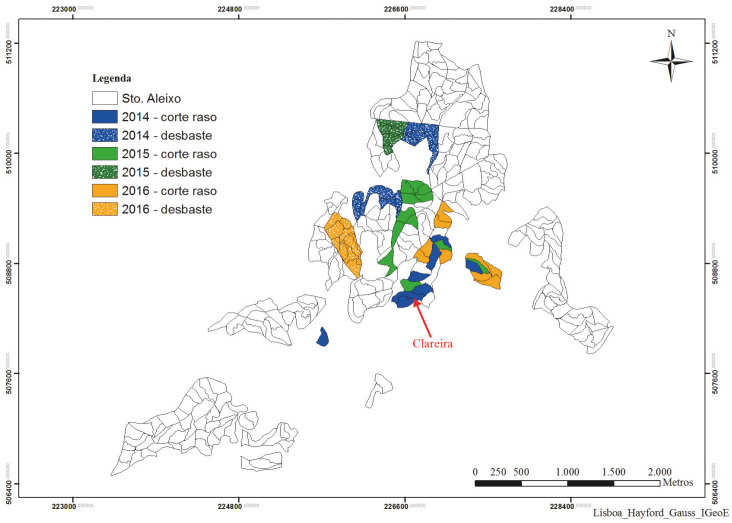

Figura 1 *- Baldio de Santo Aleixo, parcelas em que se deve intervir (corte raso ou desbaste) seguindo o plano de exploração.*

No fim do horizonte temporal a percentagem da área de estudo arborizada com capacidade de propagação de fogo de superfície aumenta em qualquer dos casos, passando de 85,1%, para 92,9% sem plano de exploração (1299ha) e 92,3%

com plano de exploração (1175ha). Em contrapartida há uma redução da área associada a fogo de copas. Como a execução de desbastes não incidiu em parcelas com capacidade de propagação a fogo de copas, a redução de área associada à possibilidade de ocorrência de fogo de copas, com o consequente aumento de área associada a fogo de superfície, está neste caso diretamente relacionada com a evolução natural dos povoamentos (por exemplo, o aumento da altura das árvores até a base da copa) e não com a execução de desbaste.

Conclusões

Este estudo conjuga a exploração do material lenhoso de pinheiro bravo, em zonas comunitárias, com a avaliação da perigosidade de incêndio.

O modelo de otimização adotado tem em conta critérios de gestão florestal sustentável. Por um lado assegura que a taxa de crescimento no último ano é pelo menos igual à taxa de crescimento inicial e que as existências no último ano do horizonte de planeamento sejam também pelo menos iguais às existências no início do plano. Em 2012 os povoamentos apresentam um total de 326143m^3. A quantidade de madeira em 2016 é 378437m^3. O valor acumulado entre o que permanece em pé nesse ano e o que foi removido durante o período, no caso de se efetuarem intervenções é inferior, em apenas, 2700m^3 ao verificado na ausência de intervenção. As restrições de *green-up*, respondem às exigências associadas à proteção do ambiente, ao nível da criação de *habitat* favorável à fauna e flora, promoção da diversidade, manutenção da qualidade do solo e da água, entre outros.

Os incêndios florestais são uma das principais ameaças ao pinheiro bravo em Portugal e em particular na área de estudo. As simulações efetuadas com o PiroPinus permitem verificar que a maior parte da área de estudo apresenta capacidade para propagação de fogo de superfície, sendo esse valor de 85,1% da área de estudo, no início do horizonte temporal e de aproximadamente 92,5% em 2016, adotando ou não o plano de exploração. Neste estudo assumiu-se que há uma gestão periódica do combustível de superfície, com um ciclo de limpeza de 4-5 anos. Na ausência de gestão da vegetação de sub-bosque é expetável um cenário menos otimista, com um aumento da área de pinhal propensa a fogo de copas. A realização dos desbastes para índices de lotação iguais ou superiores a 60%, assumidos no modelo de gestão, presume a antecipação de mortalidade por competição intraespecífica. Os resultados mostram que, pelo menos em pinhais adultos, o critério usado para executar desbaste não se traduz numa técnica de silvicultura preventiva eficaz, ao nível de risco de incêndio.

O estudo aponta para a conveniência de incluir em futuros modelos de exploração florestal o uso de limiares mais baixos para a lotação dos povoamentos, a extensão do plano a pinhais com idades mínimas de 10 a 15 anos (usualmente não considerados em planos de exploração do pinheiro bravo) e ainda a incorporação da perigosidade do fogo. A consideração destes elementos permitirá obter um plano de exploração ótimo, visando reduzir a perigosidade de fogo nas parcelas onde o mesmo pode assumir tipologias de fogo de copas ativo e/ou considerar como prioritárias para corte raso essas parcelas, caso a intervenção não seja a solução adequada.

Agradecimentos

As autoras agradecem os esclarecimentos prestados pelo Inv. Paulo Fernandes (CIFAP-UTAD) aquando do desenvolvimento do estudo, nomeadamente no que respeita às simulações realizadas com o PiroPinus e ao Eng. Artur Mota (AFRP) pelo apoio prestado. Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito do projeto: PEst-OE/MAT/UI0152.

Referências bibliográficas

FERNANDES, P.M., LOUREIRO, C., BOTELHO, H., 2012. PiroPinus: A spreadsheet application to guide prescribed burning operations in maritime pine forest. *Computers and Electronics in Agriculture* **81** : 58-61.

FERNANDES, P., 2007. *A silvicultura preventiva do pinhal bravo. Experimentação e demonstração de técnicas silvícolas e de gestão sustentável em pinhal bravo, actividade 06 – métodos de gestão de combustíveis.* Relatório final do projeto AGRO 8.1. 372/2003090023072. Universidade de Trás-os-Montes, Vila Real.

FONSECA, T.F., CERVEIRA, A., MOTA, A., 2012. An integer programming model for a forest harvest problem with temporal and constraints. *Forest Systems* **21**(2) : 272 - 283.

LUIS, J.S., FONSECA, T.F., 2004. The allometric model in the stand density management of *Pinus pinaster* in Portugal. *Ann. For. Sci.* **61** : 1–8.

MARTINS, I., CERVEIRA, A., MOTA, A., BENTO, J., FONSECA, T.F., 2012. Sustainable Management of a Northern Portugal Forest, Recent Researches in Environment, Energy Systems and Sustainability. In *Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on EEESD'12*, Faro, pp. 232-237.

MOREIRA, A.M., FONSECA, T.F., 2002. Tabela de produção para o pinhal do Vale do Tâmega. *Silva Lusitana* **10**(1) : 63-71.

MOTA, A.A.R., 2011. *Plano de exploração para Pinus pinaster Ait. dos baldios de Ribeira de Pena, Perímetro Florestal do Barroso***.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 114 pp.

Entregue para publicação em fevereiro de 2013
Aceite para publicação em junho de 2013