

SIMPLOT – Simulador Regional de Eucalipto Baseado em Parcelas de Inventário

Susana Barreiro e Margarida Tomé

UTL. Instituto Superior de Agronomia. Departamento de Engenharia Florestal. Tapada da Ajuda, 1349-017, LISBOA

Introdução

O objectivo deste trabalho é descrever o SIMPLOT, uma ferramenta (não especializada) para simular a evolução de povoamentos de eucalipto em Portugal. Esta ferramenta foi desenvolvida para realizar análises de grandes áreas a longo prazo, nomeadamente para avaliar o estado futuro da floresta de acordo com diferentes cenários de procura de madeira, ocorrência de fogo e de alterações de uso do solo.

Os potenciais utilizadores desta ferramenta passam pelas indústrias de pasta e papel, pelas associações de produtores florestais e pelos decisores políticos a nível central ou nos municípios que podem recorrer a ela como apoio à tomada de decisões.

Material e métodos

Conceito e estrutura do simulador

O SIMPLOT (regional forest SIMulator based on forest inventory PLOTS) foi concebido para simular a evolução de povoamentos de eucalipto numa região. Ao correr o simulador para diferentes cenários este começa por utilizar a informação produzida pelo inventário florestal nacional para caracterizar os recursos florestais da região pretendida num dado ano. Uma vez caracterizada a floresta para o ano de partida, o simulador recorre a modelos de crescimento para prever a longo termo os recursos florestais dessa região tendo em conta a influência de um determinado número de variáveis externas designadas por drivers: a procura de madeira, a ocorrência de riscos, as alterações de uso do solo e as alterações de sistemas de silvicultura (alternativas de gestão). A unidade de simulação é um povoamento "fictício" que daqui em diante será designado por povoamento. Cada povoamento assume as características de uma parcela de inventário e é-lhe atribuída uma área que corresponde à área total de povoamentos de eucalipto no país dividido pelo número de parcelas coincidentes com povoamentos de eucalipto. Os povoamentos mistos são tidos em conta dividindo a área do povoamento por ambas as espécies proporcionalmente à razão entre o volume de eucalipto por hectare e o volume total do povoamento por hectare obtendo desta forma uma área equivalente à de um povoamento puro. O povoamento é a área sobre a qual incidem os cortes, fogos, plantações, etc. Cada povoamento pode ser dividido em tantas partes quantas se deseje de forma a ajustar as áreas de corte, de ocorrência de fogo e de aplicação de operações florestais, passando cada uma das subdivisões a ser um povoamento

A Figura 1 ilustra a estrutura do simulador. Este começa por correr o módulo de crescimento para todos os povoamentos no ano j com o objectivo de actualizar os recursos florestais para o ano $j+1$. O SIMPLOT usa dois modelos de crescimento: o GLOBULUS 3.0 para povoamentos regulares [1, 2] e o GYMMANlin para povoamentos irregulares [3]. Os povoamentos mistos regulares foram simulados com o modelo GLOBULUS 3.0 tendo sido aplicado um factor de correcção aos resultados da simulação proporcional à razão entre o volume de eucalipto por hectare e o volume total do povoamento por hectare. Depois de actualizado o crescimento, o módulo de fogo é chamado para analisar todos os povoamentos. Estes podem arder ou não de acordo com uma função que prediz a probabilidade de arder até que a quantidade de área que se prevê que arda, definida no cenário, seja atingida.

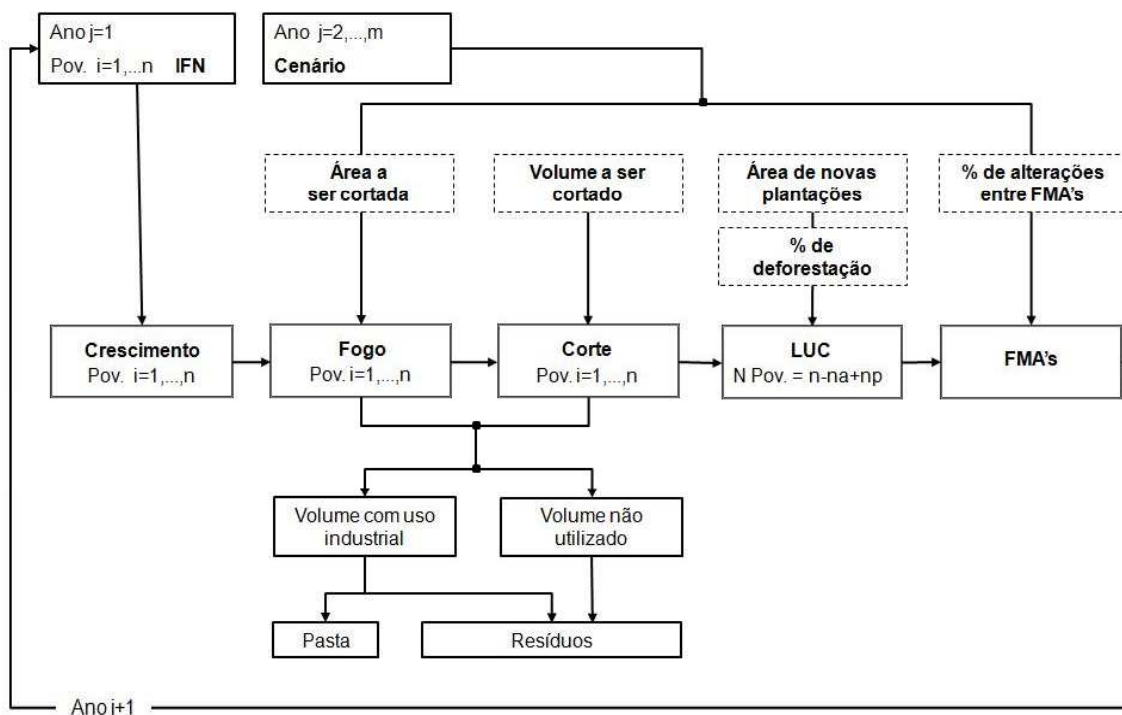


Figura 1 - Estrutura simplificada do simulador. A caixa do IFN representa o ficheiro de input das parcelas no ano base, enquanto que a caixa do Cenário representa o ficheiro de input dos cenários. O nível seguinte de caixas dependente da caixa Cenário ilustram a quantidade total de cada driver necessária como input para correr cada um dos módulos que compõem o simulador. As setas indicam a ordem pela qual os módulos são chamados: primeiro o módulo de crescimento seguido pelos módulos correspondentes a cada driver

A quantidade de madeira a usar pela indústria é "armazenada" numa variável designada por $V_{harvest}$. O módulo de corte é o próximo a correr. Um povoamento pode ser cortado ou não de acordo com uma probabilidade de corte (P_{harv}) que depende da idade e tipo de povoamento e que se encontra definida no ficheiro dos parâmetros de simulação. Uma vez realizado um corte o volume cortado é "armazenado" na variável $V_{harvest}$. Após cada povoamento ter sido analisado pelo módulo de corte, o volume cortado ($V_{harvest}$) é comparado com a procura de madeira e caso seja maior ou igual, o simulador está pronto para avançar para o próximo ano de simulação $j+1$. Se, após todos os povoamentos com idade para poderem ser cortados o tiverem sido, o volume correspondente à procura pode não ser

atingido. Contudo, antes de o fazer o simulador vai chamar ainda o módulo das alterações de uso do solo (LUC), composto por dois sub-módulos: o de florestação e o de desflorestação que plantam e abandonam tantos povoamentos quantos os necessários para atingir o total definido no ficheiro dos cenários. O último módulo a ser chamado é o das alternativas de gestão (FMA's). Este módulo define as percentagens de alteração que ocorrem de um ano para outro entre as diferentes alternativas de gestão. Tanto o módulo de fogo como o de corte contribuem para o volume cortado.

O output principal permite comparar o volume que se planeou cortar em cada ano (quantidade total de procura de madeira) com a quantidade de volume que estava disponível para ser cortada nesse ano de acordo com as restrições impostas pelos parâmetros de simulação (volume efectivamente cortado). Este output permite ainda comparar o volume em pé antes e depois de correr os módulos dos drivers, o volume total cortado devido à ocorrência de fogo bem como informação semelhante referente a biomassa. Para além desta informação possui ainda informação respeitante a áreas: área florestal antes e depois de correr os módulos dos drivers, área ardida anualmente e área cortada, e ainda outros indicadores de sustentabilidade como o stock de carbono e o carbono sequestrado, custos de produção e salários.

Parâmetros da simulação, drivers e cenários

Cada simulação depende de uma série de parâmetros cujos valores podem ser alterados pelo utilizador. Estes parâmetros incluem o primeiro ano de simulação, o número de anos a simular e outra informação necessária para correr os diferentes módulos. O diâmetro de despona (TopDiameter) considerado no cálculo do volume mercantil e a percentagem de morte de touças que ocorre entre rotações (%deathRot) são ambos parâmetros de simulação do módulo de crescimento. Os parâmetros de simulação do módulo de fogo são a idade mínima que permite a utilização das árvores após um fogo (tminFire) e a percentagem de madeira em povoamentos ardidos com utilização industrial (%UseFire), enquanto que o parâmetro do módulo de corte é a idade mínima a partir da qual um povoamento pode ser cortado (tminHarv). A percentagem de povoamentos não industriais (%HarvNI) e de povoamentos irregulares (%HarvUEA) também são parâmetros que podem ser alterados. A probabilidade de um povoamento ser cortado (P_harv) é função da idade e do tipo de povoamento, enquanto que a probabilidade de um povoamento ser abandonado (P_aband) é função da respectiva produtividade.

A influência dos drivers é expressa através do cenário descrito no ficheiro de input do cenário. O simulador possui 4 tipos de drivers: a procura de madeira que tem implicações na quantidade de madeira a cortar em cada ano, ii) a ocorrência de fogos por tipo de povoamento, iii) as alterações de uso do solo (LUC) que comporta a florestação e a desflorestação e iv) a percentagem de alterações entre diferentes alternativas de gestão.

A implementação dos drivers comporta dois pontos principais: a quantidade total de cada driver (a qual é definida no ficheiro dos cenários) e a probabilidade de ocorrência do evento em cada povoamento. A quantidade total de cada driver para cada ano é atribuída sob a forma de uma área/volume ou sob a forma de uma proporção de uma área, enquanto que a probabilidade de ocorrência do evento é estimada de acordo com uma probabilidade fixa (parâmetro da simulação) ou por uma função de probabilidade. No caso de ocorrer o evento, o simulador toma uma determinada acção consoante o tipo de evento em causa.

O simulador está organizado em módulos diferentes que são chamados várias vezes durante cada ano da simulação. O ficheiro do cenário possui o input para correr os módulos dos drivers: a quantidade de área prevista arder por ano (Afire), a quantidade de volume que tem de ser cortado em cada ano da simulação para atingir a procura de madeira estabelecida (V_harvest), a quantidade total de novas plantações (AnewPlant) e a quantidade total de áreas abandonadas que é dada como uma proporção do total de área de eucalipto (%LandChange).

O módulo dos riscos (fogo) é o primeiro módulo dos drivers a correr utilizando a quantidade total de área afectada por fogo (Afire) fornecida pelo ficheiro dos cenários. O simulador começa com uma área ardida igual a zero e selecciona os povoamentos a queimar com simulação de Monte Carlo assumindo na versão actual do simulador uma igual probabilidade de arder para todos eles (P_fire). A área ardida vai sendo acumulada e o algoritmo de fogo continua a correr até atingir a área ardida pretendida definida no cenário para o respectivo ano. Caso o povoamento arda, assume-se que é cortado na totalidade. A percentagem de madeira proveniente de povoamentos ardidos com utilização industrial é definida por um dos parâmetros de simulação (%UseFire). Para o cálculo da madeira cortada com fins industriais em povoamentos ardidos assume-se que o fogo ocorreu no momento em que o povoamento atingiu metade do crescimento do ano. Esta suposição é razoável dado que a maioria dos fogos ocorre durante a estação de crescimento.

Uma vez que a unidade de corte é um povoamento de área fixa, o volume cortado é por norma superior ao volume definido pela procura de madeira. A diferença entre estes volumes é guardada como um stock de madeira (Vstock). Os povoamentos de eucalipto podem ser cortados durante todo o ano, por isso para tornar o módulo de corte mais realista assume-se que o corte final dos povoamentos se regista quando estes atingiram metade do crescimento desse ano. Antes do módulo de corte ser chamado o volume cortado já é superior ao Vstock visto que uma percentagem da madeira proveniente de povoamentos cortados após terem sido queimados (%UseFire) será utilizada pela indústria. À semelhança do que foi descrito relativamente ao módulo de fogo, a quantidade total de madeira a ser cortada (Vharvest) é definida no ficheiro de input do cenário. Tal como para o fogo, existe também um parâmetro de simulação que define uma idade de corte limite que impede o corte de povoamentos abaixo de uma determinada idade caso estes não tenham ardido (tminHarv) e um outro parâmetro que define as percentagens de corte em povoamentos não industriais (%HarvNInd) e em povoamentos irregulares (%HarvUEA). O módulo de corte com base nos parâmetros de simulação definidos, dá uma prioridade de corte de acordo com os parâmetros da simulação, geralmente para povoamentos mais velhos até que se atinja o limite de idade pré-definido para o corte (tminHarv) e continua a cortar até que a procura de madeira seja atingida (V_harvest). Para decidir se um povoamento é cortado ou não, utiliza-se simulação Monte Carlo sorteando-se um número aleatório para cada povoamento e comparando-se este valor com a probabilidade de corte (P_harv).

O módulo das alterações de uso do solo inclui um algoritmo para as novas plantações em áreas anteriormente com um uso de solo diferente de floresta e que deste modo representam a área florestada anualmente. O outro algoritmo incluído neste driver é o das áreas abandonadas (desflorestação) no qual o simulador assume que parte da área florestal é convertida para outros usos do solo. O primeiro passo na florestação é determinar o número de povoamentos que corresponde ao total da área de novas plantações definida no cenário (APlant). De seguida, atribui-se um número aleatório a cada povoamento de modo a atribuir-lhe uma região

climática, e uma vez atribuída a região climática, o módulo simula um índice de qualidade de estação para se poder dar início à simulação de cada novo povoamento.

A informação mais importante do algoritmo de desflorestação é o total de floresta de eucalipto que é convertida para outros usos (%LandChange) que é dada sob a forma de uma proporção da área florestal desta espécie. Assim, o passo seguinte é determinar o número de hectares de área abandonada que correspondem à área definida no cenário. O simulador usa uma função de probabilidade (P_{aband}) dependente da região climática (intimamente relacionada com regiões de produtividade) implementada com simulação Monte Carlo para decidir quais os povoamentos abandonados. Somente os povoamentos que tenham sido cortados podem ser abandonados.

De momento, os povoamentos não industriais são simulados de forma muito simples recorrendo aos mesmos modelos de crescimento aplicados aos povoamentos puros regulares. A gestão deste tipo de povoamentos é expressa através de probabilidades de corte muito baixas.

Aplicação prática

Dados de input

No caso estudo apresentado utilizaram-se os dados de eucalipto do inventário florestal nacional de 1995 – 1998. Foram utilizados povoamentos de eucalipto puros regulares e irregulares e povoamentos mistos dominantes ou dominados tendo sido utilizadas no total 786 parcelas. O total da área de eucalipto fez os 805 546 ha (área equivalente a povoamentos puros igual a 674 908 ha) possuindo um volume de $41,94 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Cenários

Foram consideradas duas linhas de cenários com o intuito de ilustrar o impacto da severidade dos incêndios florestais na possibilidade de corte. Os cenários de cada linha (linha da procura de madeira e linha do fogo) são caracterizados pela quantidade total dos drivers e por um conjunto de parâmetros da simulação (Tabela 1). Todos os pressupostos tidos em conta neste estudo encontram-se descritos com mais pormenor em [4].

A linha da procura de madeira compara três cenários de procura de madeira alternativos (WD1, WD2 e WD3) combinados com um cenário de fogo de intensidade moderada (WF1). O objectivo desta linha é identificar uma procura de madeira "sustentável" (WD $_i$, onde $i=1,2,3$), para aplicar na linha de cenários do fogo. Por sua vez, a linha de cenários de fogo é caracterizada da seguinte forma: 1) até 2006 utiliza a área efectivamente ardida, 2) de 2006 em diante assume áreas ardidas simuladas com base na análise histórica da ocorrência de fogos. Nesta linha, os cenários resultam da combinação da procura de madeira mais sustentável seleccionada anteriormente com três cenários de fogo alternativos: WF1, WF2 e WF3. Estes distinguem-se uns dos outros pelo número e severidade dos fogos de grande dimensão. Com o objectivo de avaliar o impacto dos grandes fogos de 2003 e 2005, considerou-se um quarto cenário (WF0) que admite a ocorrência de fogos ligeiros nestes dois anos. A Tabela 2 resume os cenários estudados.

Tabela 1 - Parâmetros de simulação utilizados no estudo

Diâmetro de desponta (TopDiameter)	5 cm
Percentagem de morte que ocorre entre rotações (%deathRot)	20%
Idade mínima para a utilização industrial da madeira ardida (tminFire)	5 anos
Percentagem de madeira ardida utilizada pela indústria (%UseFire)	60%
Idade mínima que permite que o povoamento seja cortado (tminHarv)	8 anos
Percentagem de povoamentos não industriais que podem ser cortados (%HarvNI)	10%
Percentagem de povoamentos irregulares que podem ser cortados (%HarvUEA)	10%
Probabilidade de um povoamento ser cortado (P_harv)	F (idade, tipo de povoamento)
Probabilidade de um povoamento ser abandonado (P_aband)	F (produtividade)

Tabela 2 - Resumo dos cenários estudados

Cenário	LUC		Procura	Fogo	FMAs
	Florestação	Desflorestação			
WD1_WF2	4800 (ha)	0.0012%	WD1	WF2	EAF
WD2_WF2	4800 (ha)	0.0012%	WD2	WF2	EAF
WD3_WF2	4800 (ha)	0.0012%	WD3	WF2	EAF
WDi_WF0	4800 (ha)	0.0012%	WDi	WF0	EAF
WDi_WF1	4800 (ha)	0.0012%	WDi	WF1	EAF
WDi_WF2	4800 (ha)	0.0012%	WDi	WF2	EAF
WDi_WF3	4800 (ha)	0.0012%	WDi	WF3	EAF

Resultados

A Figura 2 resume os resultados da linha de cenários da procura de madeira. Os resultados mostram que quando os níveis de procura se mantêm estáveis assumindo um cenário de fogo moderado (WD1_WF1), no final do período de simulação o stock de carbono se encontra acima das 26×10^3 Gg (Figura 2c). Por outro lado, com a procura considerada no cenário WD3_WF1 desde 2006 até ao final da simulação, os stocks de carbono decrescem drasticamente até cerca de 9×10^3 Gg. Apesar de se conseguir atingir a procura no cenário WD3_WF1, verifica-se que se está a cortar mais do que os povoamentos estão a crescer, o que está a levar a uma diminuição do stock. Desta forma, ao combinar este nível de procura com um cenário de fogo mais severo, espera-se que o corte excessivo seja ainda mais drástico conduzindo a uma floresta não sustentável. Assim sendo, os níveis de procura deste cenário tornam-no insustentável. Selecionou-se assim, o nível de procura intermédio (WD2) que considera um aumento da procura de 1.2% ao ano para combinar com os cenários de fogo. Os resultados das simulações que combinam a procura seleccionada com os fogos de diferentes intensidades podem ver-se na Figura 3. Apesar da severidade dos fogos dos cenários considerados, o volume cortado é sempre suficiente para dar resposta à procura

(Figura 3a). Quanto mais intenso for o cenário de fogo, mais drasticamente decrescem os stocks de carbono. Isto é evidenciado pelo grande impacto do fogo de 2003 que conduziu a uma perda considerável de carbono de 2002 para 2003 de cerca 500 Gg.

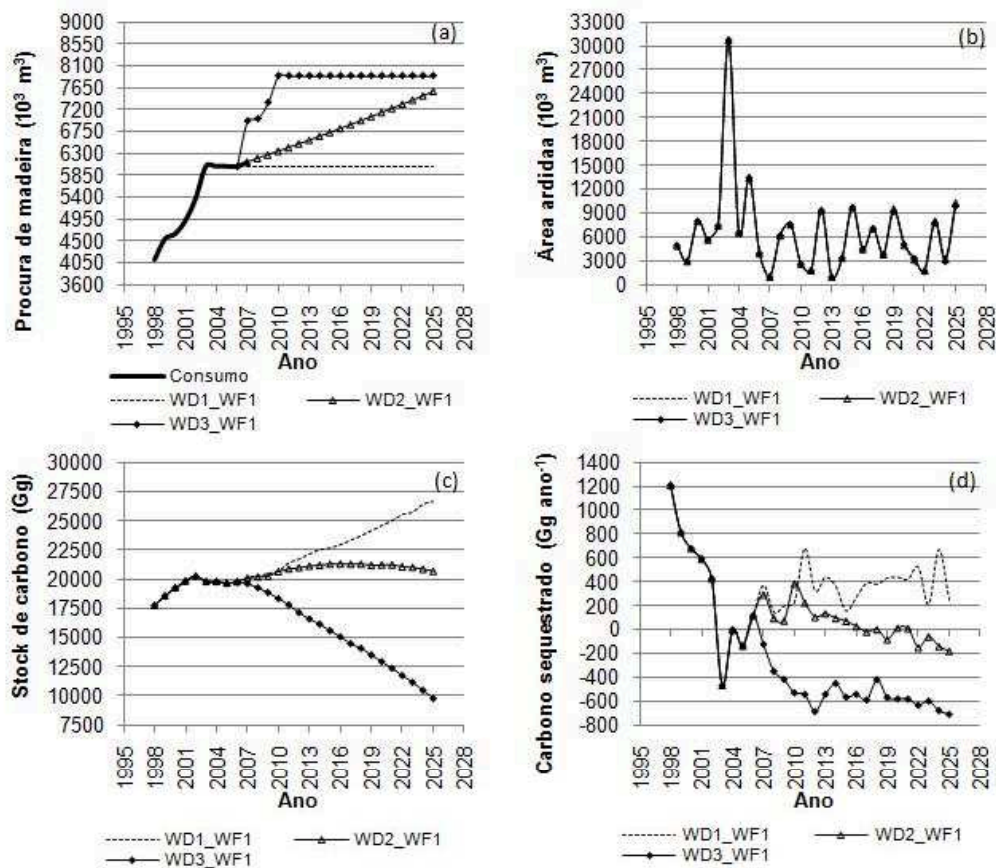


Figura 2 - Evolução dos principais drivers e indicadores: stock de carbono e carbono sequestrado que caracterizam os 3 cenários da linha da procura de madeira: (a) evolução do driver procura, onde WD1_WF2, WD2_WF2 e WD3_WF2 representam os 3 níveis de procura combinados com o cenário de fogo moderado; (b) evolução do driver da área ardida; (c) evolução do stock de carbono e (d) evolução do carbono sequestrado

As consequências de um fogo severo podem ser ainda mais graves se o número de fogos de média severidade que se seguem for elevado. Isto é demonstrado pelo comportamento das linhas dos cenários WD2_WF2 e WD2_WF3 na Figura 3c. Uma vez que o WD2_WF3 se caracteriza por ter três fogos severos seria de esperar que o cenário WD2_WF2 com três fogos de menor severidade possuísse stocks de carbono mais elevados, contudo isto apenas se regista a partir de 2012. No período de 2006 a 2012, o cenário WD2_WF2 possui menor stock de carbono porque aos fogos de 2003 e 2005 se segue um outro fogo de média intensidade em 2007 originando uma área ardida de 12924 ha contra 991 ha ardidos no cenário WD2_WF3 (Figura 3b). É preciso que se registre o primeiro fogo de elevada severidade no cenário WD2_WF3 em 2013 para inverter a tendência de armazenamento de carbono registada nos dois cenários. Os fogos severos de 2003 e 2005 são responsáveis pela depleção dos stocks de carbono durante a década seguinte. Contudo, ao comparar os cenários WD2_WF0 e WD2_WF1

depois de 2018, a evolução do stock de carbono inverte-se. Apesar destes dois fogos terem sido negligenciados no cenário WD2_WF0, este possui para alguns anos áreas ardidas superiores às registadas no cenário WD2_WF1 (2007, 2010 e 2013), podendo este ser o motivo que leva a que no longo prazo o cenário WD2_WF1 acaba por ter stocks de carbono mais elevados (Figura 3c).

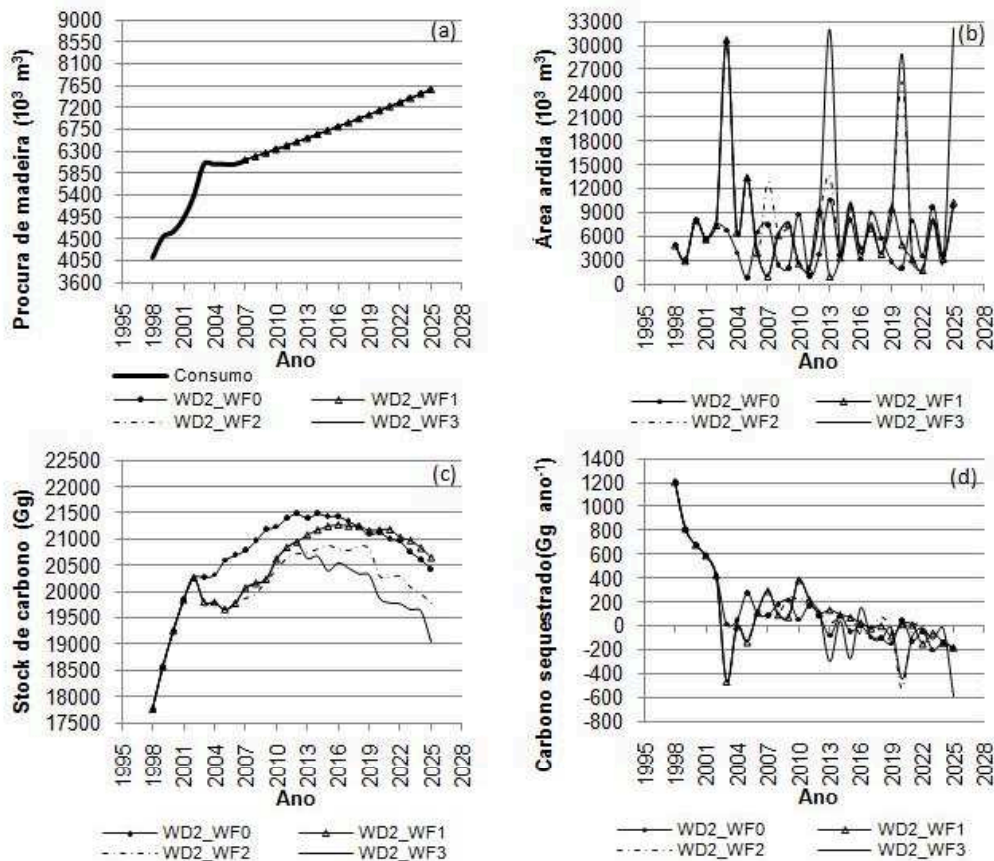


Figura 3 - Evolução dos principais drivers e indicadores: stock de carbono e carbono sequestrado que caracterizam os 4 cenários da linha de fogo: (a) evolução do driver procura, onde WD2_WF0, WD2_WF1, WD2_WF2 e WD2_WF3 representam 4 intensidades de fogo combinadas com o nível de procura moderado; (b) evolução do driver da área ardida; (c) evolução do stock de carbono e (d) evolução do carbono sequestrado

Discussão

O objectivo deste estudo foi avaliar a capacidade do simulador SIMPLOT para estudar o impacto de diferentes cenários de intensidade e frequência de fogos florestais na sustentabilidade dos eucaliptais em Portugal. Esta análise foi feita utilizando modelos de crescimento já existentes no simulador regional. O primeiro passo foi utilizar o simulador para seleccionar um nível de procura compatível com a sustentabilidade da floresta de eucalipto no longo prazo. No decorrer da selecção do nível de procura mais realista e sustentável para combinar com as diferentes intensidades de fogo estudadas, chegou-se à conclusão que os resultados mudavam consideravelmente quando se seleccionava o nível de procura que reflectia os aumentos de produção anunciados pelas indústrias de pasta e de papel

(WD3) comparativamente com o nível de procura (WD2). A Figura 4 mostra o impacto negativo que a procura WD3 teria quer no stock de carbono quer no carbono sequestrado (comparar as Figuras 4a e 4b com as Figuras. 3c e 3d). Este nível de procura teria sérios impactos na floresta Portuguesa. A provisão abundante de madeira apenas é possível enquanto os recursos aumentam a um nível equivalente (o desejável é que o crescimento seja superior aos cortes), mas com o nível de procura WD3 isto apenas seria possível se a taxa de plantação fosse aumentada. Uma medida adicional seria a criação de medidas restritivas às exportações, embora sem garantias de que isso fosse suficiente para garantir o nível de procura definido em WD3. Ainda assim, o nível de importações talvez tivesse de aumentar de modo a colmatar as necessidades de madeira. O abate de florestas deve ser feito de forma sustentável ao longo do tempo. Para consegui-lo é possível que a procura de madeira no mercado tenha de ser regulada. Estes resultados mostram a importância de uma ferramenta como o SIMPLOT para o planeamento industrial e para a tomada de decisões.

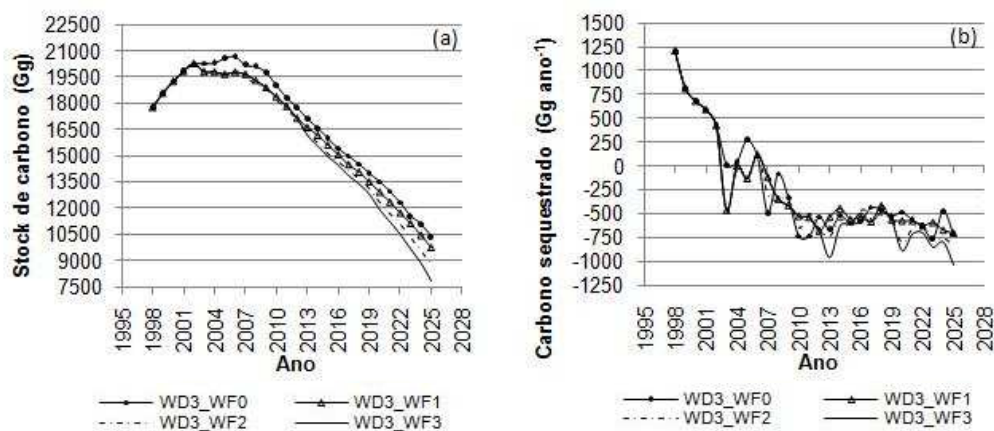


Figura 4 - Evolução do stock de carbono (a) e carbono sequestrado (b) para o nível de procura WD3 combinado com as 4 intensidades de fogo

O SIMPLOT não só provou ser sensível aos diferentes níveis de procura como também mostrou ser susceptível à evolução das áreas ardidas. Os resultados evidenciam a importância do número e magnitude de incêndios consecutivos. No que respeita ao stock de carbono as consequências da ocorrência de um pequeno número de fogos severos podem ser comparáveis, no longo prazo, às consequências de um conjunto de fogos consecutivos de magnitude média. Contudo, o carbono ao fogo no ano exacto em que este ocorre. Este tipo de análise só é possível com este tipo de ferramenta. Com um simulador ao nível do povoamento como o GLOBULUS 3.0 teria sido impossível estudar a nível sequestrado revelou ser menos afectado por séries de fogos severos mostrando maior sensibilidade regional os impactos da ocorrência de fogos florestais de diferentes intensidades combinados com diferentes níveis de procura. Desta forma, pode dizer-se que o SIMPLOT permite a utilização do GLOBULUS a nível regional.

O simulador está em constante desenvolvimento/melhoramento no Instituto Superior de Agronomia (ISA). Este resumo descreve o primeiro protótipo do simulador. Neste momento o único risco que o simulador contempla é a ocorrência de fogo, mas em breve será incluído o risco e impacto de ocorrência de pragas, considerando as pragas mais importantes para esta

espécie em Portugal. Outra característica que será implementada em breve é a possibilidade de simular alternativas de gestão diferentes da gestão de povoamentos regulares.

Conclusões

O simulador regional aqui descrito - SIMPLOT – foi desenvolvido para povoamentos de eucalipto em Portugal. Tem como objectivo avaliar potenciais impactos dos níveis de procura de madeira, da magnitude e ocorrência de fogos florestais, alterações de uso do solo e de gestão florestal nos recursos florestais futuros a nível regional. Com o simulador previamente existente (GLOBULUS), os resultados das simulações eram obtidos para um dado povoamento, enquanto que o SIMPLOT permite fazer análises globais dos resultados da simulação para um conjunto de povoamentos tendo em conta a influência de diversos factores que não têm expressão ao nível do povoamento, tais como a procura de madeira.

As simulações foram realizadas para prever o impacto da ocorrência de fogos florestais no volume em pé e no stock de carbono das plantações de eucalipto, logo na sustentabilidade destas florestas sob diferentes cenários combinando diferentes níveis de procura e de ocorrência de fogo.

Uma conclusão importante é que o impacto de fogos de grande dimensão no carbono sequestrado coincide principalmente com o ano de ocorrência do fogo de grande dimensão, apesar de não ter impacto a longo prazo a não ser que a floresta se torne insustentável. Por outro lado, o impacto no stock de carbono é muito mais duradouro.

O simulador tem a vantagem de não ser muito exigente em termos de input requerendo a utilização de dados normalmente disponíveis no Inventário Florestal Nacional (IFN). Os principais outputs consistem no estado da floresta em intervalos de um ano: volume em pé, área e volume cortados, área ardida e outros indicadores sociais, económicos e ambientais.

Agradecimentos

Este trabalho faz parte do doutoramento do primeiro autor suportado pela bolsa SFRH/BD/31239/2006 da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) e financiado pelo projecto europeu FP6 EFORWOOD-IP (contrato 518128) e pelo projecto da FCT CarbWoodCork (POCI/AGR/57279/2004).

Bibliografia

- [1] M. TOMÉ, J.G. BORGES, A. FALCÃO, 2001. The use of Management-Oriented Growth and Yield Models to Assess and Model Forest Wood Sustainability. A case study for Eucalyptus Plantations in Portugal. In: J.M. Carnus, R. Denwar, D. Loustau, M. Tomé, C. Orazio (Eds.), Models for Sustainable Management of Temperate Plantation Forests, European Forest Institute, Joensuu, pp. 81-94.
- [2] P. SOARES, T. OLIVEIRA, M. TOMÉ, 2006. O modelo GLOBULUS 3.0. Dados e equações. Publicações GIMREF RC2/2006. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais, Lisboa.
- [3] S. BARREIRO, M. TOMÉ, J. TOMÉ, 2004. Modeling Growth of Unknown Age Even-aged Eucalyptus Stands In: H. Hasenauer, A. Makela, Modeling forest production. Scientific tools - Data needs and Sources. Validation and Application. Proceedings of the International Conference, Wien, pp. 34-43.
- [4] S. BARREIRO, M. TOMÉ. SIMPLOT: simulating the impacts of fire severity on sustainability of Eucalyptus forests in Portugal, Ecol. Ind., (aceite para publicação)