

Avaliação de um sistema de apoio à decisão para melhoria da gestão florestal em ecossistemas Mediterrânicos. Uma aplicação na região do Nordeste de Portugal

Marcelo Fagundes Correia
Instituto Politecnico de Bragança
Bragança, Portugal
fagundes.meioambiente@gmail.com

Luis F. Nunes
Instituto Politecnico de Bragança
Bragança, Portugal
lfnunes@ipb.pt

João C. Azevedo
Instituto Politecnico de Bragança
Bragança, Portugal
jazevedo@ipb.pt

Mónica de Castro-Pardo
Universidad Rey Juan Carlos
Madrid, Spain
monica.decastro@urjc.es

Eliane S.F. Almeida
Universidade Fumec
Belo Horizonte, Brasil
eliane@fumec.br

Fernando Pérez-Rodríguez
föra forest technologies
Soria, Spain
fernando.perez@fora.es

Abstract— A importância da floresta como fornecedora de benefícios ambientais, sociais e económicos para os seres humanos é uma realidade consensual na comunidade científica. Por essa razão, a preocupação em melhorar a gestão florestal é cada vez maior e nos últimos anos têm-se desenvolvido ferramentas, como os Sistemas de Apoio à Decisão, para lograr este propósito. Neste trabalho avaliam-se duas ferramentas informáticas para melhorar a gestão florestal em ecossistemas mediterrâneos, através da sua aplicação na região do Nordeste Transmontano de Portugal. Um dos grandes objetivos subjacentes a este trabalho é o de, com base nas ferramentas desenvolvidas, promover o aumento da disponibilização da madeira de forma sustentável na região. Para demonstrar a utilidade dos dois softwares desenvolvidos, FlorNExT® e FlorNExT Pro®, duas hipóteses foram estabelecidas. A primeira argumenta que as ferramentas podem proporcionar informação útil para melhorar a gestão florestal e o seu teste, baseado na exploração de diferentes cenários, indica resultados positivos para ambas as ferramentas. A segunda hipótese considera a aplicabilidade dessas ferramentas e a sua capacidade para promover a mobilização de madeira na região. Para abordar esta segunda hipótese, desenvolveu-se um processo participativo baseado na metodologia de Processo Analítico Hierárquico. Como resultado, foram obtidos indicadores referentes ao possível benefício das ferramentas com a potencial melhoria da gestão florestal. Os resultados dos indicadores permitiram verificar uma resposta positiva dos utilizadores em relação as ferramentas, concluindo-se que criam condições de otimização, para uma maior dinâmica associada à produção do setor florestal na região em estudo. Os resultados deixam também transparecer a opinião generalizada de que essas ferramentas são úteis para os proprietários e técnicos.

Keywords— Gestão florestal, Sistemas de Apoio à Decisão, AHP, Otimização

I. INTRODUÇÃO

Na Europa, durante os próximos anos, há perspectivas de aumento da procura de energia da biomassa lenhosa, a qual poderá vir a desempenhar um papel dominante no fornecimento de energia de origem renovável, contribuindo para os objetivos de regulação do clima [1 - 2]. A Suécia é um exemplo da tendência de crescimento da utilização de biomassa na Europa, tendo incrementado de forma significativa o uso da biomassa para aquecimento urbano nas últimas décadas. No início da década de 1990, a biomassa gerava anualmente cerca de 5 TWh-1, tendo aumentado em 2013 para quase 40 TWh-1 [3]. Estas previsões são, contudo, espacialmente heterogêneas no continente Europeu, já que a avaliação da demanda potencial de biomassa deve ter em consideração as limitações de cada país. Tais limitações podem ser de origem técnica ou económica, podendo alterar-se ao longo do tempo [4]. Na Finlândia, Irlanda, Lituânia, Polónia e Suécia, a informação disponível indica que a produção se encontra próxima do seu potencial nacional respetivo, o que implica que o aumento da demanda de madeira seja difícil de acomodar internamente devido ao aumento dos custos [5]. Grandes diferenças entre valores reais (reportados) e potenciais de material lenhoso removido das matas existem na Estónia, Alemanha, Letónia e Rússia. A Rússia tem um grande potencial de curto a médio prazo para acomodar o aumento da utilização de madeira. Consequentemente, as exportações da Rússia para a UE têm um grande potencial. No entanto, o abastecimento da Rússia depende de uma melhoria em infraestruturas [5].

Existem, portanto, boas perspectivas de uma potencial procura dos recursos florestais num futuro próximo e é reconhecido que uma parte considerável da madeira existente nas florestas europeias não é mobilizada, ou seja, não é extraída. A maior parte destas florestas pertence a 16 milhões de proprietários privados [6]. O Nordeste Transmontano (NE) em

Portugal é uma das regiões modelo consideradas para caso de estudo no âmbito do projeto SIMWOOD (Sustainable Innovative Mobilisation of Wood), aplicado à escala europeia. No caso particular desta região, a principal oportunidade em termos de produção de madeira está associada a plantações de *Pinus pinaster* Ait. (pinheiro bravo) instaladas a partir de meados do século XX e que têm tido um baixo nível de gestão.

Uma das principais preocupações dos gestores é impulsar a oferta de matérias primas e dessa forma promover o desenvolvimento sustentável da regiões ricas em recursos florestais [7 - 8]. No entanto, este propósito só se pode alcançar assegurando uma gestão eficiente das áreas florestais. Contudo, é necessário ter em conta dois elementos: (1) dispor de informação útil e (2) assegurar a participação dos agentes implicados [9].

O incremento sustentável da produtividade das floresta tem sido um tema amplamente estudado a nível teórico [10], mas também desde uma perspectiva operativa [11]. Desde ponto de vista, têm sido muitos os trabalhos dedicados ao desenvolvimento de Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) com o objetivo de otimizar a resolução de problemas de decisão relacionados com a gestão florestal [12].

Neste trabalho, apresenta a aplicação de duas ferramentas de SAD que permitem melhorar a tomada de decisão em gestão forestal: FlorNEXt® [13] e FlorNEXt Pro® [14]. Estas ferramentas informáticas permitem recolher informação útil para otimizar a tomada de decisões sobre gestão florestal, integrando as preferências dos utilizadores. O desenvolvimento destas ferramentas no campo florestal não é novidade, havendo diversos exemplos de aplicações desenvolvidas como é o caso do EucaTool [15], que é um simulador de crescimento para *Eucalyptus globulus* na Galiza (Espanha), ou o StandsSIM-MD [16], Capsis [17] ou ForClim [18] desenvolvidos para realizar simulações para otimizar diferentes aspectos relativos à gestão florestal, entre outros. O desenvolvimento deste tipo de ferramentas tem vindo a crescer impulsionado pelos avanços na informática, que facilita a utilização de modelos cada vez mais complexos, e pela necessidade de tornar a informação cada vez mais disponível aos decisores e utilizadores finais. Neste contexto coloca-se uma questão fundamental: o desenvolvimento de ferramentas deste tipo contribui realmente para a promoção da gestão florestal? Este trabalho pretende dar resposta a esta pergunta, baseando-se no teste de duas hipóteses.

II. MATERIAL E MÉTODOS

A. O software FlorNEXt®

FlorNEXt® [13] é uma ferramenta desenvolvida para prever o crescimento e a produção de povoamentos florestais, aplicando equações complexas através de uma interface amigável para o utilizador. A versão online da aplicação, disponível em <http://flornext.esa.ipb.pt/>, permite o acesso fácil do utilizador à ferramenta a partir de diferentes dispositivos (computador, smartphone, etc.) e de qualquer motor de busca em Português, Espanhol e Inglês. Os modelos implementados na aplicação FlorNEXt® foram desenvolvidos para a região do Nordeste Transmontano com o objetivo de simular o crescimento e a produção das espécies *Pinus pinaster* Ait.

(pinheiro bravo) e *Quercus pyrenaica* Willd. (carvalho negral). Para simular o crescimento, são utilizados dados médios de povoamentos florestais para prever volume, biomassa, carbono total, acréscimos médio e corrente e índice de qualidade do povoamento florestal. A Figura 1 apresenta a página principal do software FlorNEXt®.



Fig. 1. Página inicial da aplicação FlorNEXt®.

Para prever o crescimento, o utilizador deve fornecer dados como idade, densidade e altura dominante do povoamento. No caso da simulação de desbastes é necessário apresentar adicionalmente o número de árvores a desbastar ou a sua percentagem e o tipo de desbaste que se pretende aplicar (pelo baixo ou sistemático). Após aplicação dos modelos de crescimento e produção, o programa fornece estimativas do volume que será removido bem como a distribuição das árvores a remover por classe de diâmetro.

B. O Software FlorNEXt Pro®

O programa FlorNext Pro® destina-se à gestão de áreas florestais complexas, compostas por múltiplas parcelas em idades e condições ambientais distintas com objectivos de gestão também distintos. O programa permite não só simular a dinâmica dos povoamentos e o volume de material lenhoso que se pode extrair em operações de desbaste e corte final, como também otimizar a distribuição dessas operações no tempo e no espaço de acordo com objectivos de gestão previamente definidos [14]. A aplicação FlorNEXt Pro®, comparativamente ao FlorNEXt®, permite simular o crescimento e a aplicação de desbastes em várias parcelas em simultâneo e não apenas numa só. Desta maneira, a ferramenta calcula todas as possíveis combinações de gestão para dar resposta às necessidades propostas.

O programa tem a capacidade de importar camadas shapefile de polígonos representando as parcelas florestais a considerar na análise, na projeção geográfica WGS84. No painel de informações espaciais, esses polígonos podem ser modificados ou novos polígonos podem ser adicionados. Na secção sobre a gestão de informação espacial, a informação relacionada com cada um dos polígonos é representada numa tabela editável (Figura 2).

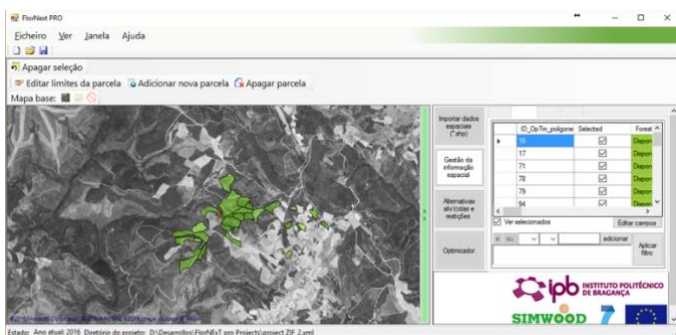


Fig. 2. Janela de gestão de informação espacial do FlorNEXt Pro®.

Para cada um dos polígonos é possível incluir dados relativos ao povoamento florestal, sendo possível definir restrições e gerar todas as possíveis combinações de silvicultura de operações de cortes e desbastes com base em algumas variáveis definidas pelo próprio utilizador: número de períodos ou épocas de aplicação de desbastes, número máximo de desbastes, intervalos entre operações ou número de períodos em que nenhuma operação é executada e amplitude entre períodos ou anos ente períodos. O programa seleciona, finalmente, uma sequência de operações otimizadas para a gestão da área com base nas condições dos povoamentos das regras definidas pelo utilizador.

C. Avaliação das ferramentas como sistemas de apoio à decisão

A análise proposta divide-se em duas fases. A primeira tem como objetivo testar o efeito do uso das ferramentas desenvolvidas no apoio da tomada de decisões que promova a melhoria da gestão florestal, e o segundo analisar o efeito que a sua transferência tem no aumento da gestão florestal, nomeadamente no aumento da mobilização florestal. Para alcançar estes objetivos colocaram-se as seguintes hipóteses:

Hipótese I: "O uso das ferramentas informáticas de gestão florestal FlorNEXt® e o FlorNEXt Pro®, facilita o conhecimento da realidade e previsão do futuro e, conseqüentemente, apoia a tomada de decisões acertadas para uma gestão florestal responsável".

Hipótese II: "O uso das ferramentas informáticas de gestão florestal FlorNEXt® e o FlorNEXt Pro®, promove a aplicação de boas práticas e aumenta a mobilização de madeira na região".

A primeira hipótese coloca-se para avaliar as ferramentas como sistemas de apoio a decisão e o seu teste baseia-se na verificação da possibilidade de se conseguirem obter, para um conjunto de cenários, esquemas de gestão florestal que promovam melhorias nessa gestão a partir da utilização das ferramentas.

A segunda hipótese pretende avaliar o uso das ferramentas por diversos utilizadores e o seu impacto na dinâmica associada à produção no setor florestal da região de estudo, considerando-se que não pode ser refutada se os resultados dos testes indicarem respostas positivas por parte de pelo menos 75% dos utilizadores das ferramentas,

Neste passo foram estabelecidos diferentes cenários de gestão (desbastes) para cada uma das aplicações, para os quais

foram feitas simulações, sendo no final os resultados comparados com um cenário de "não-gestão".

D. Cenários de teste - FlorNEXt®

Os cenários propostos para testar diferentes planos de desbastes foram desenhados com o intuito de se obter a informação necessária para comparar cenários de aplicação de um mínimo de gestão com o cenário, no qual não se aplicam nem desbastes nem cortes finais (Cenário 1, Tabela 1). O cenário 2A foi definido com um único desbaste de fraca intensidade, o 2B inclui um desbaste moderado e o 2C um desbaste forte. O cenário 3 inclui 2 desbastes espaçados por 10 anos com diferentes intensidades: fraco (3A), moderado (3B) e forte (3C). O cenário 4 inclui 3 desbastes, intervalados por 10 anos, de intensidades: fraco (4A), moderado (4B) e forte (4C). Para testar os diferentes cenários, utilizaram-se diferentes dados de partida relativos à caracterização da floresta para poder confrontar distintas realidades, como diferentes qualidades, densidades e idades. Estes dados foram extraídos do inventário florestal de 5 parcelas na ZIF da Lomba, dentro da região de estudo.

TABLE I. DEFINIÇÃO DOS DIFERENTES CENÁRIOS PARA TESTE DA APLICAÇÃO FLORNEXt®

Cenário	Sub cenário	Número de desbastes	Período entre desbastes (anos)	Intensidade de desbastes
1	-	0	0	-
2	A	1	0	Fraco
	B	1	0	Moderado
	C	1	0	Forte
3	A	2	10	Fraco
	B	2	10	Moderado
	C	2	10	Forte
4	A	3	10	Fraco
	B	3	10	Moderado
	C	3	10	Forte

Para testar estes cenários, foram utilizados diversos dados iniciais do povoamento para poder confrontar distintas condições dos povoamentos, nomeadamente ao nível da classe de qualidade da estação, densidade e idade. As projeções foram feitas para uma idade de referência de 50 anos.

Cenários de teste - FlorNEXt Pro®

Para proceder ao teste da ferramenta FlorNEXt Pro®, consideraram-se cenários expressando diferentes objetivos em função das seguintes limitações ou restrições:

- Corte final a uma idade superior a 50 anos,
- Desbastes a uma idade superior a 10 anos e inferior a 40 anos, e
- Número de dias por ano com precipitação superior a 1 mm.

Adicionalmente fixaram-se as seguintes limitações operacionais:

- Não se pode cortar mais de 4 ha, e

- Não se pode desbastar mais de 4 ha.

Por último, estabeleceu-se um preço médio para a madeira extraída (15 €/m³ no caso de desbastes e 25 €/m³ no caso de corte final) e uma taxa de atualização de 2%. A fixação destas variáveis justifica-se devido a ser necessário comparar todos os cenários nas mesmas condições.

Para cada um dos cenários testaram-se todas as possíveis combinações de operações silvícolas de desbastes e corte final distribuídas por 6 operações que constituem um total de 85 alternativas de gestão. De todas as alternativas, a Alternativa 1 (onde não se aplica qualquer operação silvícola) foi considerada como referência. A sua rejeição ou seleção face a outras alternativas serviu para teste da Hipótese I.

Considerando diferentes objetivos de otimização, diferentes alternativas foram definidas em 5 cenários com base em 4 objetivos de otimização: (1) Valor Líquido Atualizado (VLA): maximizar o ganho financeiro com a floresta, (2) Crescimento em volume (CV): maximizar o crescimento em volume, (3) Fixação de carbono da atmosfera (FC): maximizar fixação de carbono e (4) Perdas devido ao fogo (PF): minimizar possíveis perdas devido ao fogo. Os pesos associados a estes objetivos (entre 0 e 100%) são apresentados na Tabela 2.

TABLE II. DEFINIÇÃO DOS DIFERENTES CENÁRIOS E OBJETIVOS PARA TESTE DO FLORNEXT PRO®.

Nome	Objetivos			
	VLA	CV	FC	PF
Cenário 1	100%	0%	0%	0%
Cenário 2	100%	100%	100%	100%
Cenário 3	0%	100%	100%	100%
Cenário 4	50%	100%	100%	100%
Cenário 5	20%	50%	100%	100%

As características das parcelas que foram selecionadas para a utilização do software FlorNEXt Pro® foram: i) Área ou superfície, ii) Espécie, iii) Idade, iv) H0 - altura dominante, v) N - densidade, vi) G - área basal, vii) SI - Índice de qualidade da estação, viii) FC - fração de área de cobertura de copas e, ix) Declive médio da parcela.

E. Área de estudo

A presente área de estudo insere-se na sub-região estatística de nível III (NUTS III) Terras de Trás-os-Montes, no distrito de Bragança, situada no extremo nordeste de Portugal e parte da região de Trás-os-Montes e Alto Douro (Figura 4). Engloba os municípios de Alfândega da Fé, Bragança, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Vimioso e Vinhais, que constituem a área afeta ao Plano Regional de Ordenamento Florestal (PROF) do Nordeste Transmontano e que, na revisão dos PROFs atualmente em curso, virá a integrar o PROF de Trás-os-Montes e Alto Douro.

O abandono da agricultura e expansão de áreas de floresta e matos [19] e um crescente risco de incêndio associado a este processo [20], caracterizam este território, o que levanta preocupações relativamente à gestão da floresta já existente.

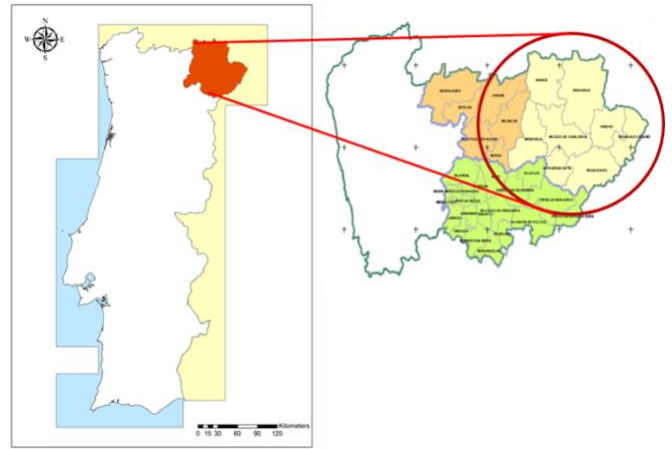


Fig. 3. Região de Trás-os-Montes e Alto Douro em Portugal, destacando a área afeta ao PROF do Nordeste Transmontano

F. Avaliação do uso das ferramentas por diversos utilizadores

O desenvolvimento de ferramentas de gestão implica que estas sejam utilizadas na prática o que obriga que a sua transferência seja feita de modo a que sejam utilizadas de forma correta e com frequência. As ferramentas em avaliação foram desenvolvidas para utilização pelas pessoas que trabalham em gestão florestal na região, nomeadamente proprietários florestais, técnicos e consultores de empresas florestais e técnicos da administração pública.

Para testar esta hipótese foi desenvolvido um processo participativo no qual estas ferramentas foram apresentadas a um conjunto de atores ligados à atividade florestal no Nordeste Transmontano (técnicos da administração pública (Instituto da Conservação e das Florestas), técnicos de associações de proprietários florestais, empresários e prestadores de serviços técnicos na área florestal) com vista à sua posterior utilização. Para a apresentação do FlorNEXt® foram realizados dois workshops, um dirigido a proprietários florestais e outros diversos agentes com interesse pela gestão florestal e um outro dirigido a técnicos e empresas da região. Para divulgação da aplicação FlorNEXt Pro®, foi realizado um workshop para técnicos e responsáveis do Estado e de empresas de gestão florestal no Nordeste Transmontano. O intuito foi, para além da divulgação do programa, fornecer formação sobre a gestão de zonas florestais compostas por múltiplos povoamentos. Estes técnicos foram convidados para os eventos através de correio eletrónico ou diretamente por telefone.

Finalizados os eventos, as preferências dos utilizadores foram recolhidas e posteriormente analisadas através do método AHP (Analytic Hierarchy Process). Entre diversas metodologias de análise de opinião existentes [21], o método AHP, desenvolvido por Tomas L. Saaty no início da década de 1980 [22], é o método de análise multicritério mais amplamente utilizado no apoio à tomada de decisão na resolução de conflitos negociados e na resolução de problemas complexos. O método AHP baseia-se na comparação por pares, e fundamenta-se nos seguintes quatro axiomas [23]: i) propriedade dos juízos recíprocos, ii) homogeneidade ou capacidade que as pessoas têm

de poderem fazer comparações com respeito a uma propriedade comum, iii) interdependência de níveis de hierarquia, e, iv) o resultado deve refletir as expectativas representadas na hierarquia.

Um dos pontos fortes do método AHP é o de permitir quantificar opiniões e agregar de forma estruturada e rigorosa as valorações fundamentadas em juízos de valor em problemas de tomada de decisão complexos em que intervêm múltiplos decisores [24 - 25]. Este processo pode resumir-se à decomposição de uma decisão complexa numa hierarquia de múltiplas decisões simples mediante os seguintes passos:

i) estruturação: definir uma hierarquia da decisão, ii) determinação de preferências em função de uma escala e iii) sínteses [26].

Para a aplicação da metodologia AHP, foram recolhidas opiniões dos participantes nos eventos organizados no âmbito deste trabalho através de 2 inquéritos. O questionário 1 foi preenchido por proprietários florestais e outros agentes com interesse pela gestão florestal que participaram nos eventos e as perguntas aí colocadas, atendendo aos objetivos do trabalho, foram divididas em três secções: i) “práticas”, ii) “atitudes e aspirações” e iii) “conhecimentos”. O questionário 2 recolheu a opinião de especialistas e foi dividido em duas secções : i) “práticas” e ii) “atitudes e aspirações”.

A secção “práticas” inclui perguntas relacionadas com o estado atual da indústria florestal e da mobilização de madeira na região, assim como com as expectativas associadas a esta no futuro. A secção “atitudes e aspirações” compreende questões sobre expectativas sobre a rentabilidade do setor da madeira. Por último, a secção “conhecimentos” refere-se à perceção dos utilizadores sobre a capacidade das ferramentas analisadas para melhorar a gestão florestal e sobre a sua protensão à sua utilização no futuro.

A cada pergunta de ambos os questionários foram atribuídas ponderações propostas por um grupo de 5 especialistas de gestão florestal. A definição destas ponderações foi estabelecida em três passos: i) decisão dos especialistas acerca da relevância das perguntas para a explicação da hipótese II, ii) nas perguntas selecionadas como relevantes, definição da importância relativa de respostas afirmativas e negativas por parte do inquirido e iii) ponderação de cada uma das perguntas feitas aos diferentes agentes implicados utilizando a escala de Saaty [22].

A estruturação do modelo (Figura 4) baseou-se na combinação do processo de inquéritos aos diferentes agentes envolvidos nas sessões públicas com o painel de especialistas.

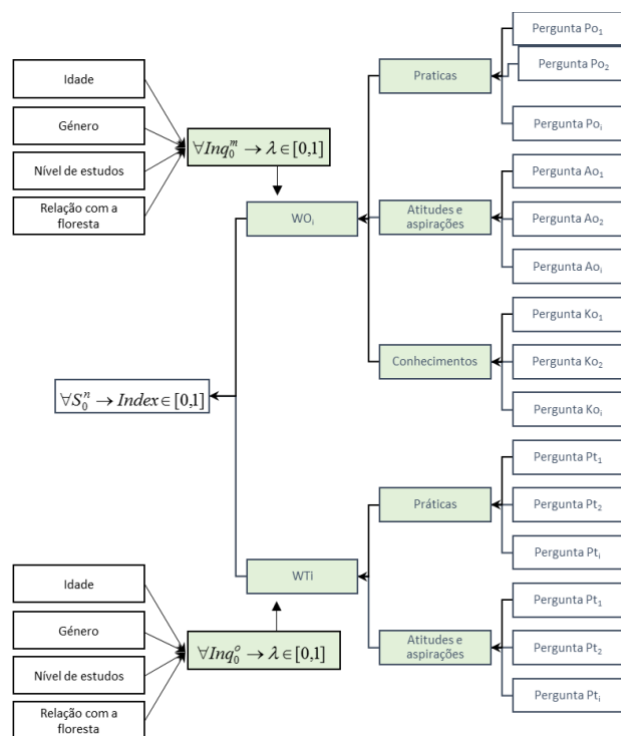


Fig. 4. Estrutura baseada na metodologia AHP para avaliar os resultados da opinião dos utilizadores das diferentes ferramentas em combinação com o painel de especialistas.

Por último, para analisar as preferências individuais de carácter subjetivo, utilizou-se um método baseado em simulações. Os métodos baseados em simulações são usados frequentemente para incorporar incerteza em processos de tomada de decisão [27]. Esta metodologia utiliza um número elevado de simulações para definir uma amostra artificial e obter as distribuições aproximadas de uma variável e as probabilidades associadas. Como resultado deste processo, obtiveram-se indicadores numéricos que representam os resultados mais prováveis associados a cada uma das questões constantes nos dois questionários. Para a obtenção de cada indicador resolveu-se o processo analítico hierárquico para um número de 1.000 simulações, recolhendo os resultados das frequências numa escala de 0 a 1, onde 0 indica que a hipótese II não se verifica e 1 indica que se verifica, tomando o valor 0,5 como limite entre as duas possibilidades. Valores superiores a 0.5 indicam que maior parte das valorações geradas nas simulações são positivas.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilização das ferramentas em diferentes cenários de gestão (Hipótese I)

Os resultados obtidos nas diferentes simulações para a aplicação FlorNExT® atendendo aos cenários propostos mostraram um maior valor acumulado de volume com casca (VCC) nas situações em que se propõem cenários com gestão (cenários 2, 3 e 4) relativamente ao cenário de referência para o qual não aplicadas práticas de gestão (Tabela 3).

TABLE III. RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO DE DIFERENTES CENÁRIOS E 5 PARCELAS DA ZIF DA LOMBA NO SOFTWARE FLORNEXT®, ONDE VCC É VOLUME COM CORTIÇA EM M3.

Cenários		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5
		VCC	VCC	VCC	VCC	VCC
		(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)
Cenário 1	-	555.02	464.35	350.83	852.59	618.60
Cenário 2	A	579.36	571.98	350.83	952.49	618.60
	B	571.09	551.70	350.83	948.64	618.60
	C	558.30	551.70	370.96	948.70	618.60
Cenário 3	A	613.63	602.26	397.61	1028.80	632.08
	B	600.04	580.88	393.70	1011.59	630.92
	C	585.79	580.88	389.93	1011.19	638.96
Cenário 4	A	624.05	613.73	403.90	1054.03	656.45
	B	608.52	586.47	402.91	1028.16	647.70
	C	587.72	586.68	392.81	1020.45	641.60

Para o caso da aplicação FlorNEXt Pro®, os resultados para várias possíveis alternativas de gestão simuladas indicam que, com base na percentagem de parcelas geridas, a solução otimizada selecionada pelo modelo é sempre diferente da alternativa de referência que representa a não gestão dos povoamentos desta área.

Os resultados deste exercício de utilização das duas ferramentas FlorNEXt® FlorNEXt Pro® indicam que há efetivamente a produção de informação de grande importância para a tomada de decisão na gestão florestal indicando níveis de gestão que superam as situações de referência para as quais não se considera qualquer tipo de gestão, e que pode suportar a implementação de planos de gestão sustentável com a disponibilização de produtos florestais para os mercados e a criação de riqueza. Considera-se assim que a Hipótese I não pode ser refutada devendo ser considerada como válida.

TABLE IV. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES UTILIZANDO O SOFTWARE FLORNEXT PRO® PARA OS DIFERENTES CENÁRIOS. ONDE VLA: VALOR LÍQUIDO ATUALIZADO, CV: CRESCIMENTO EM VOLUME, FC: FIXAÇÃO DE CARBONO DA ATMOSFERA E PF: PERDAS DEVIDO AO FOGO.

Cenários	VLA	CV	FC	PF	% de parcelas geridas
Cenário 1	62062.01	5.852	14180.50	0.015246	69.23%
Cenário 2	20300.81	6.416	15885.50	0.014173	50.00%
Cenário 3	10477.87	6.458	16086.30	0.014139	42.31%
Cenário 4	18706.76	6.414	15932.27	0.014087	50.00%
Cenário 5	19333.21	6.255	15132.67	0.014166	46.00%

A. Resultados do processo participativo (Hipótese II)

No Workshop de divulgação do FlorNEXt®, participaram 23 pessoas, 21 das quais com curso superior concluído ou em conclusão e duas com ensino médio. Entre os participantes, 12 trabalham no setor florestal e 11 não. Em

relação à sua idade, a maioria dos participantes inclui-se na classe entre os 25 e os 35 anos. Analisando as respostas dos inquiridos em relação à mobilização de madeira, os resultados mostraram que a maioria dos inquiridos pretende fazer gestão florestal seguindo as recomendações dos planos. Todos os inquiridos consideraram que a gestão florestal é viável ainda que haja um custo e 73.4% dos participantes consideram que a falta de atividade industrial leva a que a exploração florestal não seja rentável. Todos responderam que novas indústrias podem melhorar a colheita e a valorização dos produtos florestais e 91.3% dos participantes consideraram que a indústria da biomassa para energia (Pellets e/ou bioenergia) é rentável. Somente 1 participante indicou em não pensar utilizar o software FlorNEXt® para gerir as suas florestas no futuro, 19 pessoas recorreriam a uma associação ou uma empresa especializada para utilizar o software e 4 consideraram-se capazes de utilizar a ferramenta de forma independente.

No Workshop de divulgação da aplicação FlorNEXt Pro®, estiveram presentes 12 pessoas, todas com formação superior. Em relação à sua idade, 11 dos participantes inserem-se na classe dos 35 aos 50 anos e uma pessoa na classe dos 25 aos 35 anos. Entre os participantes, 41.7% responderam que utilizarão aplicativo informático em gestão florestal. Em relação às respostas ao inquérito sobre gestão florestal na região do Nordeste Transmontano, 91.7% responderam considerar a mobilização de madeira como um potencial objetivo de gestão. Todos responderam que há viabilidade na gestão das florestas ainda que haja um custo, onde novas indústrias florestais podem melhorar a colheita e a valorização dos produtos florestais. A indústria da biomassa (pellets e/ou bioenergia) foi considerada por todos como rentável. Finalmente, todos os participantes pretendem utilizar o FlorNEXt Pro® para gerir florestas.

Para além das valorações recolhidas nos questionários, e como conclusão dos debates conduzidos em ambos os workshops, identificaram-se como principais aspetos negativos do setor florestal na região, a falta de política e cadastro da propriedade florestal. Relativamente ao futuro, as perspetivas para a região foram consideradas boas, sugerindo maior investimento em ordenamento florestal. Todos os presentes no Workshop responderam ser importante a divulgação dos softwares desenvolvidos no âmbito desta iniciativa para a gestão florestal da região. Os resultados da recolha de opiniões dos especialistas referente aos pesos das questões do inquérito realizado sobre a opinião dos utilizadores do software FlorNEXt®, mostraram que o bloco de perguntas relacionadas com “conhecimentos”, teve mais peso do que o referente a “práticas” e “atitudes e aspirações”. Por outro lado, a pergunta que teve mais destaque entre os especialistas foi a que se referia à intenção do uso futuro desta ferramenta. Os resultados referentes à aplicação FlorNEXt Pro®, mostram também a forma como os especialistas destacaram a questão referente a utilização do Software FlorNEXt Pro®.

B. Resultados dos indicadores

O indicador parcial resultante da opinião dos especialistas para o FlorNEXt mostra a distribuição de pesos com o AHP para este software. Observou-se uma opinião positiva, em relação aos indicadores parciais das questões para

o software FlorNEXt®, ilustrado no crescimento da linha média a partir do valor 0,6 (Figura 5).

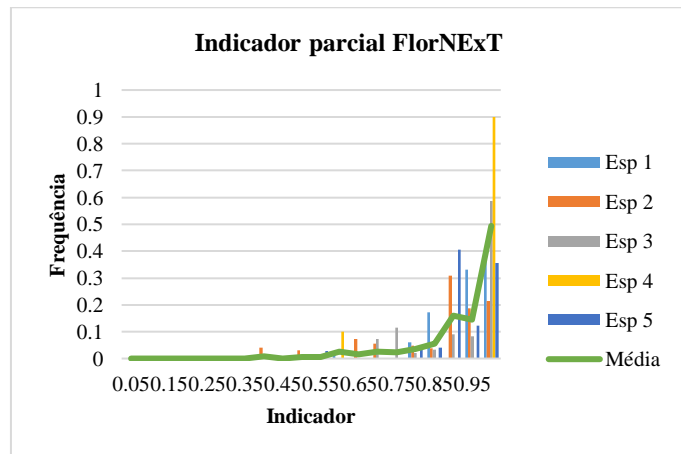


Fig. 5. Opinião dos especialistas em relação ao indicador parcial do FlorNEXt®

Relativamente ao indicador parcial para o FlorNEXt Pro® constatou-se uma opinião positiva dos especialistas relativamente aos indicadores parciais das questões para o software FlorNEXt Pro®. Esta tendência foi ilustrada pelo crescimento da linha média a partir do valor 0.5 e reduzida opinião negativa ilustrada pelos valores 0.3 e 0.4.

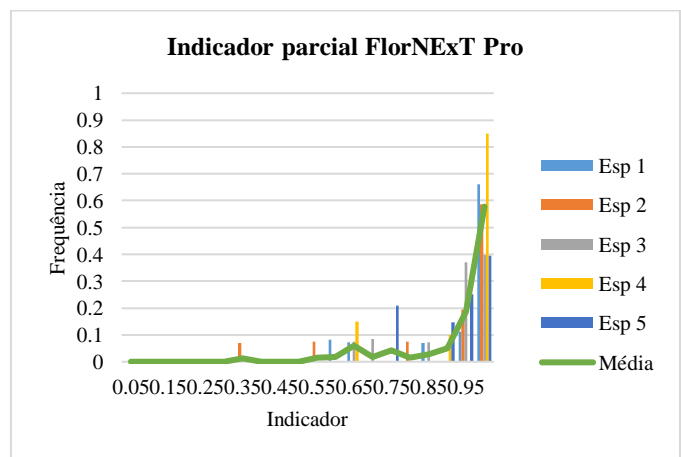


Fig. 6. Opinião dos especialistas relacionados ao Indicador parcial do FlorNEXt Pro®

Finalmente resolveu-se a árvore de decisão proposta para obter o indicador geral tendo em conta todos os inquéritos em conjunto (Figura 7). Conforme apresentado no gráfico da Figura 7, a opinião dos especialistas em relação ao indicador geral, pode ser considerada positiva. O crescimento da linha do gráfico verifica-se a partir do valor 0.6 e pode-se observar somente uma pequena opinião negativa entre 0.4 e 0.5.

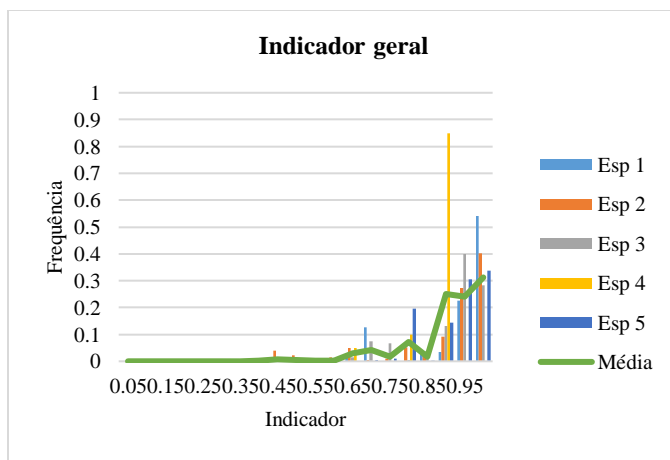


Fig. 7. Opinião dos especialistas em relação ao indicador geral dos software

Os resultados do indicador geral (Figura 7) mostram um otimismo devido a alta assimetria à direita da distribuição de pesos na avaliação dos questionários feitos em relação às duas ferramentas, concluindo-se que o seu uso cria condições para a promoção da aplicação de boas práticas e aumentar a mobilização de madeira na região o que não permite refutar a Hipótese II.

IV. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de ferramentas informáticas ajuda a gerir as florestas, já que facilita a utilização de modelos muito complexos pelos agentes do setor. Adicionalmente, proporcionam muita informação para que o gestor possa tomar decisões adaptadas aos seus requerimentos, tal e como se constata na avaliação e teste da hipótese I. Os resultados deste trabalho mostram a utilidade de alguns SAD para melhorar a eficiência da gestão, incrementado a quantidade e qualidade da informação disponível, e facilitando o ordenamento florestal da região. Assim, os proprietários e técnicos da região, poderão tomar melhores decisões para melhorar a gestão florestal, tendo um maior rendimento económico e ambiental.

A região do Nordeste Transmontano tem um enorme potencial florestal, que vem aumentando ao longo dos anos com o crescimento dos povoamentos e expansão da área florestal. No entanto, a gestão florestal pode ser substancialmente melhorada. Este trabalho permitiu identificar informação relevante para a gestão florestal nesta área com as opiniões dos que realmente gerem as florestas na região. Os agentes vinculados à gestão florestal concordam com a existência de um elevado potencial florestal nesta região, apesar de considerarem que é necessário tomar medidas específicas no sentido do aumento da mobilização de madeira.

Finalmente, o feito de desenvolver ferramentas não é só o fim, já que se devem apresentar aos utilizadores potenciais e consultar sempre a sua opinião sobre os mesmos, já que são estes atores quem vão utilizar as ferramentas. Pode-se concluir que a difusão dos desenvolvimentos em workshops e a extração de opiniões dos utilizadores melhoram os desenvolvimentos futuros, e fomentam o seu uso e aplicação na prática.

REFERENCES

- [1] S. Peroskurina, R. Sikkema, J. Heinimo, E. Vakkilainen, "Five years left – How are the EU member states contributing to the 20% target for EU's renewable energy consumption; the role of woody biomass" *Biomass & Bioenergy*, Oxford, vol 95, pp 64–77, 2016.
- [2] S. Mubareka, R. Jonsson, F. Rinaldi, J. Azevedo, D. Rigo, R. Sikkema, "Forest bio-based economy in Europe". In San-Miguel-Ayanz, J.; de Rigo, D.; Caudullo, G.; Houston Durrant, T.; Mauri, A. (Eds.) *European Atlas of Forest Tree Species*, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2016.
- [3] Swedish Energy Agency. "Energiläget 2015", Eskilstuna (in Swedish), 2017.
- [4] G. Egnell, P. Börjesson, "Theoretical versus Market Available Supply of Biomass for Energy from Long-rotation Forestry and Agriculture – Swedish Experiences", International Energy Agency, 2012.
- [5] G. Bostedt, M. Mustonen, P. Gong, "Increasing forest biomass supply in Northern Europe—Countrywide estimates and economic perspectives", *Scandinavian journal of Forest Research*, Oslo, vol 31, n.3, pp 314-322, 2016.
- [6] C. Orazio, et al. "Decision Support Tools and Strategies to Simulate Forest Landscape Evolutions Integrating Forest Owner Behaviour: A Review from the Case Studies of the European Project, INTEGRAL". *Sustainability*, Basel, vol. 9, n.4, pp 1-31, 2017.
- [7] J.S Kotiaho, M. Ollikainen, J. Seppälä, "Forestry: sustainability crisis brews in EU forestry", *Nature*, London, vol 551, n. 7678, pp 33, 2017.
- [8] J.B. Jacobsen, F. Jensen, B.J. Thorsen, "Forest value and optimal rotations in continuous cover forestry", *Environmental and Resource Economics*, New York, vol 69, n. 4, pp. 713-732, 2018.
- [9] E. Rametsteiner, "Governance concepts and their application in forest policy initiatives from global to local levels", *Small-scale Forestry*, Netherlands, vol. 8, n. 2, pp. 143-158, 2009.
- [10] S. Wang, G.C. Van Kooten, "Forestry and the new institutional economics: an application of contract theory to forest silvicultural investment". *Routledge*, London, 2018.
- [11] L. Kärkkäinen, et al., "Using a decision support system to study impacts of land use policies on wood procurement possibilities of the sawmill industry—A case study at regional and municipal levels", *Forest Policy and Economics*, Amsterdam, In vol.103, pp. 136-146, 2017.
- [12] I. Zasada et al. "What do we know about decision support systems for landscape and environmental management? A review and expert survey within EU research projects". *Environmental Modelling & Software*, Oxford, vol. 98, pp. 63-74, 2017.
- [13] F. Pérez-Rodríguez, F. et al., "FlorNExT®, a cloud computing application to estimate growth and yield of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) stands in Northeastern Portugal". *Forest Systems*, Spain, vol 25, n.2, pp. 1-6, 2016.
- [14] F. Pérez-Rodríguez, et al., "Solving multi-objective problems for multifunctional and sustainable management in maritime pine forest landscapes", *Climate*, vol. 6 (4), 81, 2018.
- [15] A. Rojo Alboreca, J.D. García Villabril, F. Pérez Rodríguez, "EucaTool®, a cloud computing application for estimating the growth and production of *Eucalyptus globulus* Labill. plantations in Galicia (NW Spain)", *Forest Systems*, Spain, vol. 24(3):06, 2015
- [16] S. Barreiro, J. Rua, M. Tomé, "StandsSIM-MD: a Management Driven forest SIMulator". *Forest Systems*, Spain, vol. 25, 2, p. 1-5, 2016.
- [17] S. Dufour-Kowalski, et al., "Capsis: an open software framework and community for forest growth modelling". *Annals of forest science*, Paris, vol. 69, n. 2, pp 221-233, 2012.
- [18] M. Mina, et al., "Forward modeling of tree-ring width improves simulation of forest growth responses to drought", *Agricultural and forest meteorology*, Amsterdam, vol. 221, p. 13-33, 2016.
- [19] J.C.Azevedo, C. Moreira, J.P. Castro, C. Loureiro, "Agriculture abandonment, land-use change and fire hazard in mountain landscapes in northeastern Portugal". In: C. Li, R. Laforzezza, J. Chen (Eds.), *Landscape Ecology in Forest Management and Conservation: Challenges and Solutions for Global Change*, HEP-Springer, Beijing, 2011. pp. 329–351.
- [20] A.N Nunes, L. Lourenço, A.C. Castro-Meira, "Exploring spatial patterns and drivers of forest fires in Portugal (1980–2014)", *Science of the total environment*, Amsterdam, vol 573, pp 1190–1202, 2016.
- [21] E.K. Zavadskas, Z. Turskis, "Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview", *Technological and economic development of economy, Lithuania*, vol 17, n.2, pp. 397-427, 2011.
- [22] T.L.Saaty, "Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process", *Management Science*, Catonsville, vol. 32, n. 7, pp. 841-855, 1986.
- [23] T.L.Saaty, "The Analytic Hierarchy Process. Planning priority setting, resource allocation". McGraw-Hill. New York, 1980.
- [24] S.W. Margles, et al. "Participatory planning: Using SWOT-AHP analysis in buffer zone management planning", *Journal of sustainable forestry*, Philadelphia, vol. 29, pp. 613-637, 2010.
- [25] M. de Castro, V.A. Urios, "A critical review of multi-criteria decision making in Protected areas", *Journal of Agricultural and Resource Economics*, Spain, vol. 16, n.2, pp. 89-109, 2016.
- [26] G. Santopuoli, M. Marchetti, M. Giongo, "Supporting policy decision makers in the establishment of forest plantations, using SWOT analysis and AHPs analysis. A case study in Tocantins (Brazil)", *Land Use Policy*, Oxford, vol.54, pp. 549-558, 2016.
- [27] C. Orazio, U. Kies, D. Edwards, (Eds.) *Handbook for wood mobilisation in Europe*, Bonn, Germany, 116 pp., 2017.