

forum  
CIMO

ciência e  
desenvolvimento  
2012

Livro de atas

..... novembro 2012 .....

**Fórum CIMO - Ciência e Desenvolvimento 2012**  
**Centro de Investigação de Montanha**

Titulo: Livro de Atas do Fórum CIMO - Ciência e Desenvolvimento 2012

Editores: Centro de Investigação de Montanha

Editor: Instituto Politécnico de Bragança

Apartado 1038, 5301-854 Bragança

<http://www.ipb.pt/>

ISBN: 978-972-745-146-3

Design: Atilano Suarez, Serviços de Imagem do Instituto Politécnico de Bragança

# **Fórum CIMO - Ciência e Desenvolvimento 2012**

**Centro de Investigação de Montanha**

*Livro de atas*

*Auditório Dionísio Gonçalves*  
**Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança**  
**20 e 21 de novembro de 2012**  
**Bragança**

## **Prefácio**

A Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança foi criada para atender ao desenvolvimento dos sistemas agrícolas no interior norte de Portugal a par do ensino superior agrícola e à transferência de tecnologia para os empresários agrícolas que aqui desenvolvem a sua atividade.

Na realidade, o território nacional, embora de pequena dimensão, apresenta contudo uma variedade de sistemas de agricultura muito diferenciados, que resultam da sua posição latitudinal, extensão no sentido norte-sul e uma fisiografia peculiar, pois o cordão montanhoso de Montejunto estrela faz uma divisória norte-sul que é decisiva no clima, sendo por isso a influência mediterrânea mais acentuada nas regiões do sul.

Por outro lado, a divisória orográfica que se estende para norte do sistema montanhoso atrás referido, acentua no norte e no centro do país uma dicotomia litoral interior, acentuando-se a xerofilia estival para o interior, aproximando estes territórios das condições mediterrâneas que dominam no sul.

Em face desta distribuição latitudinal e do litoral para o interior, acresce que estes territórios são caracterizados por uma fisiografia muito diversificada que vem introduzir uma enorme variabilidade nos ecossistemas que aqui se desenvolvem. Como consequência, os sistemas de agricultura são extremamente variados o que coloca enormes desafios para a sua racional exploração.

Por outro lado, a grande parte destas áreas encontram-se em zonas de montanha, o que faz aumentar ainda mais a variabilidade apontada. A este autêntico mosaico de culturas tão típico destes territórios do nordeste de Portugal está associado uma riqueza agrícola enorme, embora associada a pequenas produções.

Em face de tamanha complexidade em boa hora a Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança lançou mãos à obra e propôs à Fundação de Ciência e Tecnologia a criação de um Centro de Investigação de Montanha, única forma de atender ao desenvolvimento dos sistemas de agricultura em presença.

Esta realidade foi apenas possível devido ao percurso académico que esta Escola realizou, uma vez que lançou desde muito cedo um programa de doutoramentos dos mais ambiciosos do País, que lhe garantiu os créditos científicos indispensáveis para o êxito desta candidatura. Foi esta estratégia que lhe permitiu alcançar as condições indispensáveis para que o Centro de Investigação de Montanha seja a realidade que hoje é.

O Fórum CIMO-Ciência e Desenvolvimento representa o estado do desenvolvimento da investigação nas principais áreas de estudo em que o CIMO desenvolve a sua atividade: Gestão de ecossistemas e qualidade ambiental; Sustentabilidade de sistemas florestais e agroflorestais; Tecnologia e qualidade dos produtos de montanha; Valorização dos sistemas ago-pecuários de montanha-olival; Valorização dos sistemas agro-pecuários de montanha-pastagens e produção animal; Conservação e monitorização da biodiversidade e Valorização dos sistemas agro-pecuários de montanha-outros sistemas.

Estão representadas as áreas de estudo que constituem os pilares fundamentais de atuação do CIMO em relação aos princípios ecossistemas em presença: zonas de agricultura mais ou menos intensiva, áreas florestais e zonas que foram progressivamente abandonadas pela

agricultura. Completam esta análise integrada os aspetos ligados à tecnologia e qualidade dos produtos de montanha e aos aspetos da interação entre o homem e o ambiente.

O CIMO, ao longo destes dois dias de trabalho debate temas da maior importância para o desenvolvimento sustentado das zonas de montanha, numa abordagem multidisciplinar, rigor científico, abertura internacional e envolvimento com a comunidade regional.

Está bem patente o enorme acervo técnico e científico que dispõe este Centro de Investigação sobre as áreas de montanha do nosso país e do NE em particular e que são o garante do desenvolvimento harmonioso destes territórios, bem como a manutenção dos ecossistemas de grande qualidade ambiental que aí se encontram.

Espero que esta iniciativa contribua para o aprofundamento sobre o conhecimento das complexas interações entre os vários ecossistemas em presença, de forma a que, aqueles que têm a responsabilidade de os gerir, fiquem mais capacitados para o fazer, tendo sempre em atenção a futura sustentabilidade de tamanha riqueza ambiental que estes territórios encerram.

Bragança, 20 de novembro de 2012

Dionísio Afonso Gonçalves<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Presidente do Conselho Geral do Instituto Politécnico de Bragança, ex-presidente do Instituto Politécnico de Bragança e primeiro coordenador do Centro de Investigação de Montanha

<b>Índice</b>	<b>Página</b>
<b>Prefácio</b>	
<b>Gestão de ecossistemas e qualidade ambiental</b>	
Projecto BIOURB - Análise do clima urbano e o seu contributo para o planeamento urbano sustentável - estudo da cidade de Bragança <i>Manuel Feliciano, Artur Gonçalves, Filipe Maia, Alfredo Rocha &amp; António Castro Ribeiro</i>	1
Degradação física do solo em áreas queimadas de matos no nordeste transmontano <i>Tomás de Figueiredo, Felícia Fonseca &amp; Anabela Queirós</i>	8
O uso dos herbívoros na prevenção dos incêndios: uma nova oportunidade para a sustentabilidade da floresta <i>Marina Castro &amp; Esther Fernández-Núñez</i>	16
Estimação da concentração e do transporte de sedimentos em suspensão em cursos de água de montanha: um estudo preliminar na Ilha da Madeira <i>Luiz Guerreiro Lopes &amp; Raquel Ladeira Lobo</i>	24
<b>Sustentabilidade de sistemas florestais e agroflorestais</b>	
Fatores moleculares da doença da “tinta” do castanheiro <i>Altino Choupina</i>	33
Crescimento e sobrevivência de espécies florestais instaladas na região Mediterrânica: efeito da intensidade de preparação do terreno <i>Felícia Fonseca, Tomás de Figueiredo &amp; Afonso Martins</i>	40
Idosos agricultores em Trás-os-Montes: análise da resposta à florestação das terras agrícolas no Planalto Mirandês e na Terra Fria <i>Sílvia Nobre</i>	49
<b>Tecnologia e qualidade dos produtos de montanha</b>	
Irradiação gama e feixe de eletrões: uma alternativa viável no tratamento pós-colheita promotora da qualidade da castanha <i>Amílcar L. Antonio, João C.M. Barreira, Márcio Carochó, Albino Bento, Isabel C.F.R. Ferreira</i>	57
Cogumelos silvestres portugueses: valorização como alimentos funcionais e fonte de nutracêuticos <i>Isabel C.F.R. Ferreira, Josiana A. Vaz, Lillian Barros, Gabriela M. Almeida, Anabela Martins &amp; M. Helena Vasconcelos FIGURA</i>	64
<b>Valorização dos sistemas agro-pecuários de montanha - pastagens e produção animal</b>	
Produção e valor nutritivo de pastagens de montanha <i>Jaime M. Pires, Esther Fernández Nuñez, Adelaide Fernandes, João Pires, Adelino Bernardo, Carlos F. Aguiar, Lurdes Galvão &amp; Nuno Moreira</i>	70
Fertilização de pastagens de sequeiro em modo de produção biológico <i>Esther Fernández Nuñez, Manuel A. Rodrigues, Margarida Arrobas, Carlos F. Aguiar, R. Cuiña-Cotarelo, M. Rosa Mosquera-Losada, A. Rigueiro-Rodríguez, Nuno Moreira &amp; Jaime M. Pires</i>	79
Melhoria da eficiência reprodutiva de ovinos das raças Churra Galega Bragançana e Churra da Terra Quente e de caprinos da Raça Serrana e de caprinos da raça Serrana <i>Teresa M. Correia &amp; Ramiro Valentim</i>	87

## **Conservação e monitorização da biodiversidade**

CONBI: Biodiversidade e Conservação de Bivalves – Informação Ecogeográfica, Genética e Fisiológica <i>Amílcar Teixeira, Simone Varandas, Ronaldo Sousa, Elsa Froufe, Manuel Lopes-Lima</i>	92
Monitorização das comunidades zooplanctónicas de albufeiras: aplicações e perspectivas <i>Ana Maria Geraldés &amp; Pedro Silva-Santos</i>	100
Política de recursos naturais e finanças locais <i>Nina Aguiar</i>	107

## **Valorização dos sistemas agro-pecuários de montanha: outros sistemas**

Análise de Insolvência das cooperativas de crédito agrícola em Portugal <i>Paula Cabo &amp; João Rebelo</i>	114
Compostagem de espécies invasoras <i>Luis Miguel Brito</i>	123
Fertilizantes “especiais” na agricultura transmontana <i>Manuel Ângelo Rodrigues, Isabel Q. Ferreira &amp; Margarida Arrobas</i>	132

# Projeto BIOURB - Análise do clima urbano e o seu contributo para o planeamento urbano sustentável – estudo da cidade de Bragança

Manuel Feliciano<sup>1</sup>, Artur Gonçalves<sup>1</sup>, Filipe Maia<sup>1</sup>, Alfredo Rocha<sup>2</sup> & António Castro Ribeiro<sup>1</sup>

1–Centro de Investigação de Montanha

Instituto Politécnico de Bragança

Campus de Santa Apolónia

2–Centro de Estudos do Ambiente e do Mar

Universidade de Aveiro

ajg@ipb.pt

*Resumo* – Nas cidades, os edifícios e as superfícies alteram significativamente as condições climáticas locais, criando um clima urbano, nem sempre desejável e saudável para os seus habitantes. Determinar os fatores de interação cidade-clima constitui um fator de grande relevância para o planeamento urbano sustentável.

No âmbito do Projeto POCTEP – BIOURB desenvolvem-se um conjunto de metodologias de caracterização climática da cidade de Bragança, com vista à definição de um modelo de clima urbano que possa orientar opções de desenho urbano. Este processo requer ainda a auscultação e o envolvimento dos principais “Stakeholders” locais, dos promotores imobiliários e da população. Os resultados da caracterização do clima urbano da cidade de Bragança, obtidos no âmbito da rede de monitorização desenvolvida para este projeto, mostram um efeito importante da orografia na variação espacial da temperatura, em especial no período noturno, e na drenagem e estagnação de ar frio à superfície. Apesar da sua pequena dimensão, a cidade apresenta igualmente o denominado efeito de ilha de calor. Este efeito, que origina um aumento da temperatura localizado, é particularmente observável durante o Verão, no período noturno e em condições de menor intensidade do vento. Os dados disponíveis permitem ainda identificar diferenças entre tipologias de ocupação urbana, divergentes em função da altura e densidade do edificado, grau de artificialização do solo e presença de vegetação. O processo de mapeamento bioclimático, resultante deste projeto, parte das características do clima local para determinar fatores de interação cidade-clima que determinam efeitos favoráveis (ex. ventilação no Verão) ou adversos (ex. EIC também no verão), que devem ser objeto de intervenção no domínio do desenho urbano.

*Palavras-chave:* Clima Urbano, Planeamento Urbano, Efeito de Ilha de Calor.

## 1 Introdução

A qualidade de vida e do ambiente nas zonas urbanas está intrinsecamente relacionada com o clima. Por sua vez, as estruturas urbanas modificam os elementos climáticos locais como a temperatura, a humidade relativa e a direção dos ventos. Os fenómenos mais representativos destas modificações são as “ilhas de calor urbanas” caracterizadas pelo aumento da temperatura do ar do espaço urbano face à das áreas naturais circundantes [1]. Apesar desta importante relação entre estruturas urbanas e clima urbano, a integração de critérios climáticos nas mais variadas intervenções urbanísticas não é frequente nem é de fácil operacionalização. As principais razões incluem a dificuldade de comunicação entre climatologistas e urbanistas, bem como a falta de uma ferramenta que traduza as condições climáticas numa linguagem de planeamento, de forma a apoiar os profissionais da área a encontrar opções de desenho urbano que resultem numa melhoria da qualidade do ambiente urbano, com benefícios claros para os habitantes [2].

O Mapeamento de Clima Urbano (MapUC), apesar de envolver metodologias complexas, tem surgido como a ferramenta capaz de traduzir as condições climáticas de uma zona urbana num conjunto de recomendações urbanísticas, podendo contribuir de forma efetiva para minimizar o *stress* induzido pelo calor ou frio, incrementar as condições de conforto climático e melhorar inclusive a qualidade do ar [3]. Os MapUC devem identificar as zonas que são ventiladas, as manchas que são mais confortáveis, as áreas mais problemáticas e a forma como os edifícios podem afetar a circulação do vento na cidade [4]. Esta ferramenta combina sinergicamente vários parâmetros climáticos (e.g. velocidades e direções de vento, radiação solar, temperatura do ar) com informações sobre o topografia da cidade, a paisagem, o edificado e outros elementos construtivos, entre outros, de modo a apresentar os fenómenos e os problemas climáticos num plano bidimensional. Além

dos fatores físicos referidos, o desenvolvimento dos MApUC baseiam-se também em critérios qualitativos e subjetivos [5].

Embora se tenha vindo a assistir a um progresso significativo a nível do mapeamento do clima urbano em vários países, as diferentes metodologias utilizadas têm de ser melhoradas e devem ser validadas para uma diversidade mais ampla de estruturas urbanas e de condições climáticas [6].

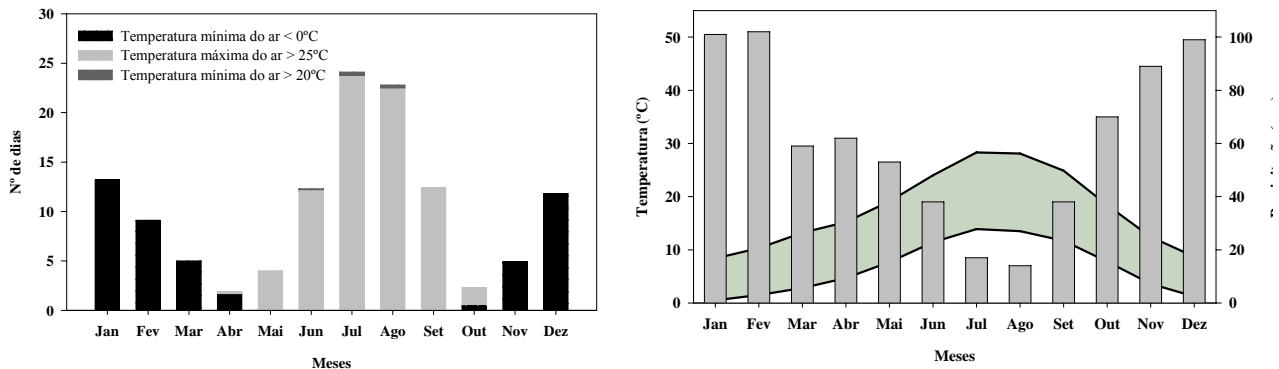
No âmbito do projeto transnacional BIOURB, está a ser desenvolvido um MapUC para a cidade de Bragança, com o objetivo de informar a atividade de planeamento local, nacional e ibérica. A metodologia adotada parte da monitorização do clima urbano e do conhecimento da sua relação com as condições locais, para definir estratégias que contribuam para a melhoria da qualidade dos espaços exteriores e para a atenuação dos efeitos adversos colocados sobre os edifícios (ex. exposição ao vento no inverno ou elevação da temperatura no verão).

O presente artigo apresenta os resultados preliminares com foco para a caracterização da evolução espaciotemporal da Ilha de Calor Urbano na cidade de Bragança, procurando-se estabelecer as eventuais relações entre as principais propriedades da Ilha de Calor Urbano e as características do espaço urbano e peri-urbano classificadas em função da definição de Zonas Climáticas Locais (ZCL) [7].

## 2 Metodologia

### 2.1 Local de Estudo

A cidade de Bragança está localizada no nordeste de Portugal, com uma área aproximada de 25 km<sup>2</sup> e uma população de 27 mil habitantes. O clima local caracteriza-se pelo contraste entre um inverno frio e chuvoso e um verão quente e seco (Fig.1b e 1c), correspondendo a classe Csb segundo a classificação de Köppen. Nos últimos dez anos, a cidade de Bragança sofreu um desenvolvimento significativo, em que uma boa parte dos espaços naturais deram lugar a áreas construídas e noutras situações a zonas verdes de diferentes tipologias. O corredor verde definido pelo traçado do rio Fervença é uma das características fisiográficas marcantes da cidade.

















**Figura 1.** a) Número médio de dias com temperatura máximas superiores a 25°C e mínimas inferior a 0°C e superior a 20°C; b) Variação mensal da temperatura máxima e mínima e da precipitação mensal.

### 2.2 Definição de zonas climáticas (ZCL)

A definição de zonas climáticas constitui a base para a avaliação dos efeitos das estruturas urbanas sobre as condições climáticas locais. Neste estudo seguiram-se as orientações propostas por Oke [7] para a definição das ZCL. Em particular, consideraram-se as seguintes categorias: Zonas Residenciais Plurifamiliares de Média-Alta densidade (PMA); Zonas Residenciais de Baixa a Média densidade Tradicional (BDT); Zonas Residenciais Urbanas Unifamiliares Recentes (UMR); Zona de Comercio e Serviços (ZCS); Espaços Verdes Urbanos (EVU); Espaços de Transição Urbano-Rural (TUR); e Zonas Rurais na Envoltante (ZRE). A Tabela 1 apresenta a diferenciação destas zonas em termos de características fisiográficas, do sky view factor (svf), da rugosidade e da impermeabilidade da superfície. Além das características de desenho urbano, foram definidos pontos ao longo de um transecto rural-urbano, de forma a compreender os efeitos de ilha de calor urbana e os efeitos topográficos.

Tabela 1: Descrição e parametrização das zonas climáticas locais.

Zona Climática Local <sup>1</sup>		Sky View Factor <sup>2</sup>	Rugosidade <sup>3</sup>	% Impermeabilidade <sup>4</sup>	
<b>PMA</b> – Edificado moderno de altura média-alta, elevada densidade e superfícies pavimentadas			0.59 - 0.81	1.54 - 2.5	94 - 99
<b>BDT</b> – Núcleo mais antigo da cidade, com edificado de altura média-baixa (2 a 5 andares), elevada densidade, edificado em pedra e tijolo			0.69 - 0.92	0.93 - 1.07	88 - 99
<b>UMR</b> – Média densidade, ruas de habitações de baixa altura em banda ou isoladas			0.74 - 0.76	0.74 - 0.76	90 - 99
<b>ZCS</b> – Comercial e industrial - elevado desenvolvimento, densidade média-baixa com edifícios baixos de elevada envergadura e estacionamento pavimentado			0.82 - 0.99	0.82 - 0.99	99
<b>EVU</b> – Espaços verdes urbanos – cobertura predominantemente verde com vegetação rasteirara e arbórea.			0.91 - 0.99	0.08 - 2.00	2 - 81
<b>TUR</b> – Espaços semirurais – casas dispersas com envolventes agriculturadas e florestadas			0.97 - 1.00	0.00 - 0.15	23 - 57
<b>ZRE</b> – áreas rurais isoladas nos subúrbios da cidade representativas das características da paisagem local			1	0	0 - 20

1 – Adaptado de [7] considerando condições rurais e urbanas e os espaços verdes como uma categoria autónoma; 2 – Fotografias de olho de peixe tiradas com uma Nikon EOS 550D equipada com uma lente SIGMA 4.5 mm F2.8.; 3 – Calculado com uma extensão do ArcView 3.2[8]; 4 – Considerando um “buffer” de 50 metros de raio.

### 2.3. Monitorização do clima urbano

A caracterização do clima urbano teve início em novembro de 2011 com a instalação de 23 sensores de temperatura e humidade relativa do ar (modelo TGP-4500, TinyTag, Gemini DataLoggers, UK), colocados a três metros acima do nível do solo, em postes de iluminação pública. Os sensores foram distribuídos pela cidade tendo por base os seguintes critérios: assegurar uma distribuição dos pontos de medição por toda a área de estudo (Fig. 2); colocar pelo menos três sensores em cada uma das sete zonas climáticas locais definidas anteriormente; e permitir avaliar o gradiente urbano-rural relativamente aos parâmetros climáticos.

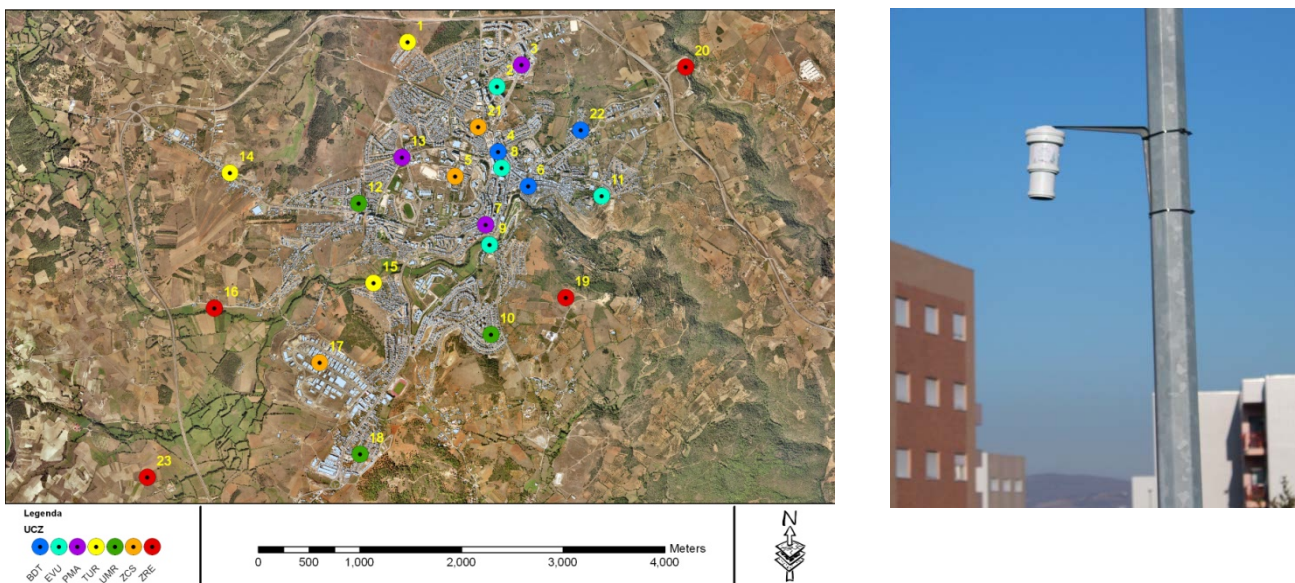


Figura 2. a) Mapa da superfície da cidade de Bragança e distribuição espacial dos pontos de medição; b) detalhe dos sensores de temperatura e humidade relativa do ar TGP 4500.

A instalação de três estações meteorológicas na área urbana tem possibilitado a medição da velocidade e da direção do vento (Modelo 05103, Wind Monitor. Young, EUA) e assegurado o controlo da qualidade dos dados temperatura e humidade recolhidos. Os parâmetros meteorológicos têm sido registados a cada 10 minutos e convertidos em médias horárias.

### 3 Resultados

#### 3.1 Avaliação da estrutura espaciotemporal da Ilha de Calor Urbano (ICU)

Para avaliar a evolução da ICU, os dados foram corrigidos atendendo ao diferencial de altitude entre os diferentes pontos de monitorização. Posteriormente, calcularam-se os valores médios horários da temperatura para cada ZCL urbana e compararam-se com os valores médios horários obtidos para a zona climática rural, de modo a avaliar a magnitude e a estrutura espaciotemporal da ICU. A Figura 3 mostra o ritmo da variação diurna da Ilha de Calor Urbano para condições meteorológicas distintas, ao longo de diferentes épocas do ano - inverno, primavera e verão.

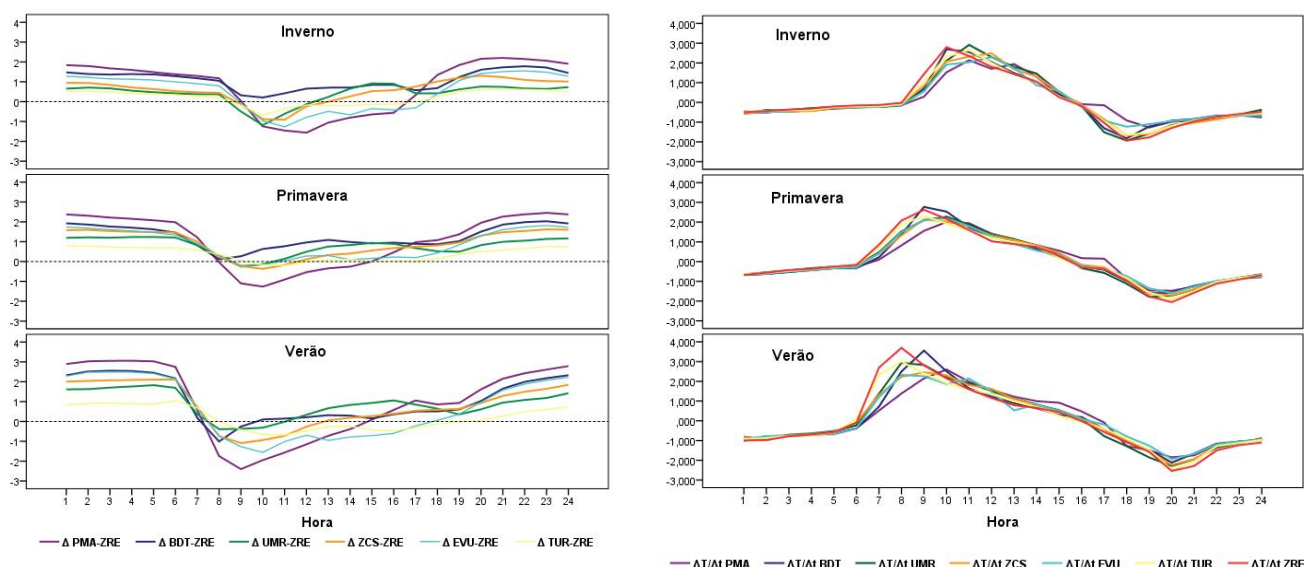
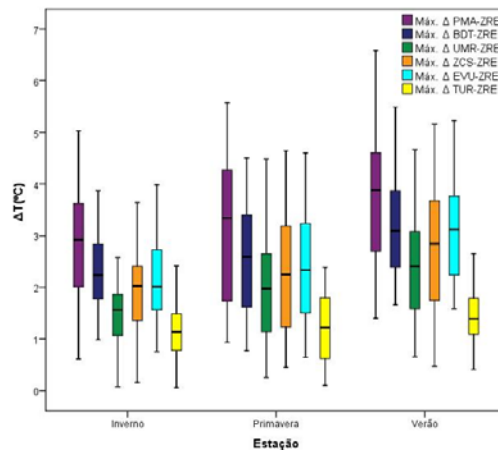


Figura 3. a) Variação diária da intensidade da ICU em estações urbanas durante o inverno, primavera e verão; b) Variação diária das taxas de aquecimento/arrefecimento ( $\Delta T/\Delta t$ ) nas diferentes classes ZCL.

Globalmente, torna-se evidente que o efeito ICU é significativo, apesar de a cidade ser dimensão relativamente pequena. A magnitude máxima da ilha de calor para qualquer uma das ZCL urbana ocorre durante a noite, duas a três horas depois do pôr do sol. Os valores mais elevados são alcançados nas zonas climáticas urbanas mais artificiais (PMA e BDT), chegando a atingir valores de aproximadamente 2,0°C no inverno e 3,0°C no verão. Por outro lado, a menor magnitude do efeito de ilha de calor foi alcançado duas a três 3 horas após o nascer do sol, na medida em que foram detetadas "ilhas frias" em várias zonas climáticas, ou seja, diferenças térmicas negativas. A zona climática BDT tem um comportamento ligeiramente diferente das restantes, com temperaturas médias consistentemente superiores às registadas na zona ZRE ao longo das 24 horas e sobretudo nos meses de inverno e primavera. A avaliação da intensidade máxima diária da ICU (Fig. 4) corrobora a leitura anterior ao evidenciar que os valores mais elevados do efeito de Ilha de Calor são registados nas zonas urbanas mais intervencionadas e com um maior desenvolvimento de atividades humanas. Nestas zonas as magnitudes foram superiores a 5°C, no inverno, e superiores a 6°C no verão. Este comportamento sugere que as situações sinópticas de estabilidade, mais prevalentes nos meses de primavera e verão, potenciam o efeito, enquanto as situações de instabilidade atenuam/inibem a existência da Ilha de Calor. Esta relação não é todavia linear, uma vez que tem sido detetadas, em alguns estudos [8] situações de relativa instabilidade que não só admitem a ocorrência de ICU como até podem corresponder a algumas das situações de ICU de magnitude mais elevada.

O efeito de Ilha de Calor Urbano foi também avaliado através da análise da variação diária da taxa de aquecimento/arrefecimento para cada ZCL, cujos resultados estão ilustrados na Figura 3b. De um modo geral, verifica-se que às maiores magnitudes do efeito de ilha de calor estão associadas menores variações de

temperatura horária, sugerindo que o fator determinante para o efeito é a variação temporal da temperatura na zona ZRE. Resulta ainda da análise da figura 3b que, imediatamente após o nascer do sol e após o pôr do sol, assiste-se a um aumento temporário da taxa de variação da temperatura, à medida que nos deslocamos das zonas urbanas artificiais para a zonas semi-naturais. Este padrão é um reflexo do efeito dos distintos comportamentos térmicos das superfícies e em particular uma mais rápida variação das temperaturas em contextos menos urbanizados.



**Figura 4.** Gráfico de bigodes relativo às diferenças entre as temperaturas médias máximas diárias das diversas zonas climáticas urbanas e a zona rural.

### 3.2 Avaliação da influência do vento no efeito da ICU

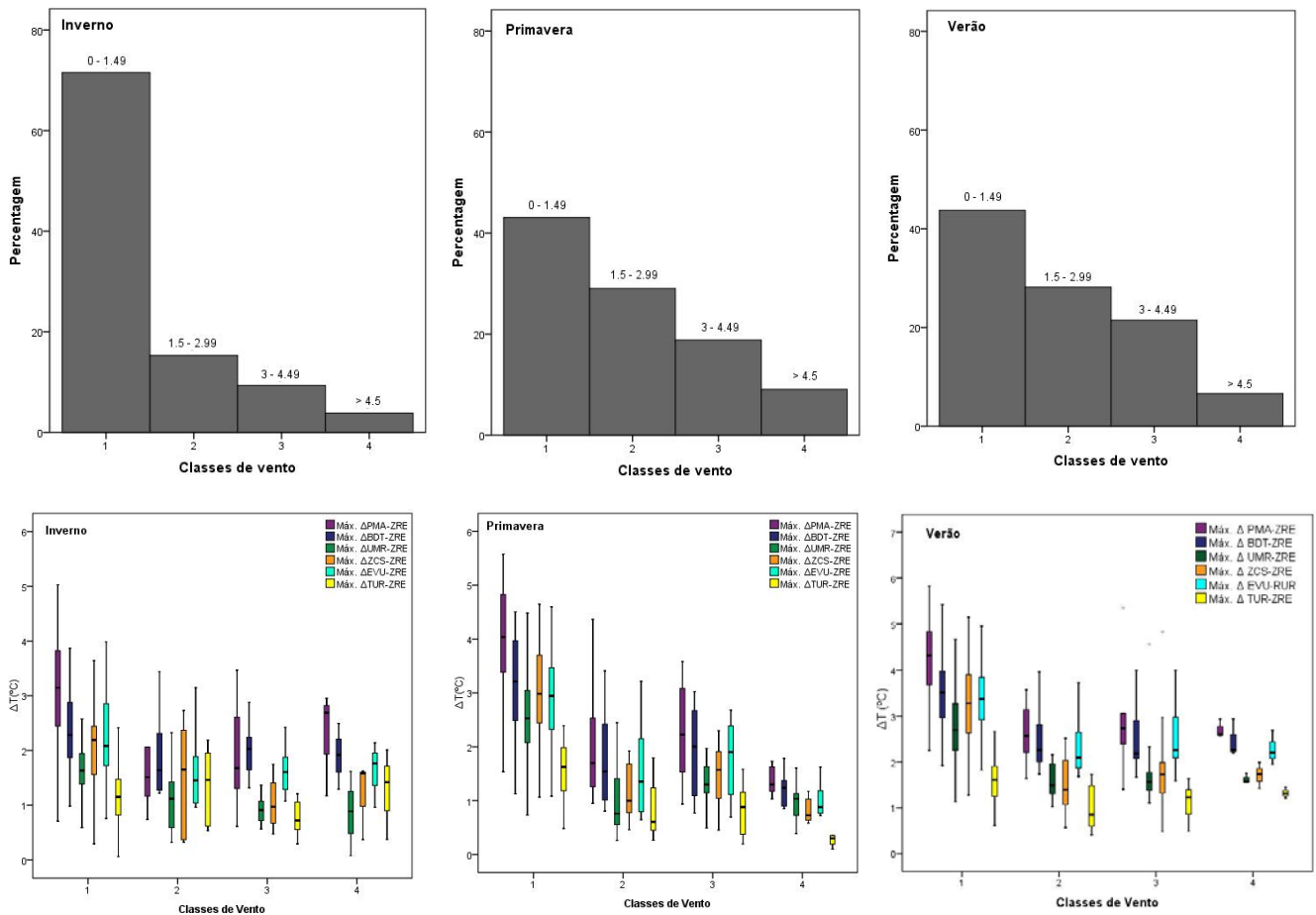
Para avaliar a influência da velocidade do vento sobre o efeito da Ilha de Calor Urbano, reportada em muitos estudos [9, 10], a intensidade máxima do efeito de ilha de calor foi analisada em função de 4 classes de velocidade do vento [11], como se ilustra na Figura 5. De um modo geral verificou-se que na cidade de Bragança prevaleceram as velocidades inferiores a  $1,5 \text{ m s}^{-1}$ , com maior relevância nos meses de inverno. Na primavera e no verão os registos mostraram um ligeiro incremento dos níveis de ventilação da cidade. A análise realizada mostra também que, apesar da evidente variabilidade entre as diferentes zonas, as maiores magnitudes do efeito de ilha de calor estão associadas a velocidades de vento mais baixas.

## 4 Modelo de avaliação do clima urbano

O modelo de avaliação do clima urbano, que se encontra em fase de desenvolvimento, envolverá as seguintes etapas:

- caracterização das condições climáticas por intermédio de dados históricos, recolhidos em estações meteorológicas, conjuntamente com os dados recolhidos em sensores, que conjuntamente servem para validar o modelo;
- caracterização das variáveis urbanas e territoriais (e.g. a forma do território; a ocupação do solo e a presença e forma dos edifícios) com as quais se estabelecerá um conjunto de relações com o comportamento das variáveis climáticas;
- combinação dos elementos das etapas anteriores num mapa climático urbano, identificando as principais características climáticas, incluindo a identificação de locais de alteração térmica (zonas de acumulação de calor ou retenção de ar frio) ou do vento (canalização ou retenção);
- validação do modelo com base nos dados de monitorização do clima local.

Uma vez finalizado, este modelo será apresentado às autoridades locais competentes e aos profissionais do sector.



**Figura 5.** a) Distribuição de frequências da velocidade do vento por 4 classes, para os períodos de inverno, primavera e verão; b) magnitudes da ICU em função das classes de velocidade do vento, para as diferentes zonas climáticas e para os meses de inverno, primavera e verão.

## 5 Considerações Finais

A avaliação do clima urbano requer a realização de estudos de campo bastante complexos e exigentes em termos de recolha de dados. Os resultados preliminares mostram que existe Ilha de Calor de magnitude considerável e variável, sobretudo nas áreas com maior densidade de edifícios, menor *sky view factor* e de mais trânsito rodoviário. O efeito de ilha de calor atinge magnitudes que podem ultrapassar os 5°C nos meses de inverno e os 6°C nos meses de verão. Entre os elementos de análise que cumpre ainda desenvolver, caberá aquilatar sobre o verdadeiro impacte deste fenómeno, uma vez que a ilha de calor urbano pode traduzir efeitos contraditórios em função do período do ano considerado. Se nos períodos de maior calor, como no caso de fenómenos de vagas de calor, este efeito pode agravar os consumos de energia em edifícios e os seus efeitos nocivos sobre a saúde. No entanto, existe um amplo conjunto de meses em que em Bragança se registam temperaturas inferiores às de conforto térmico, pelo que este processo poderá inclusive trazer benefícios para a melhoria do desempenho energético de edifícios.

Futuramente serão desenvolvidas análises adicionais como a avaliação da influência topográfica (ex. influência do rio e análise de padrões de vento, que possam contribuir para a construção de um mapa climático rigoroso, que em conjunto informem a atividade de planeamento urbano da cidade de Bragança e constituir um referencial para o desenvolvimento de iniciativas similares em outras cidades nacionais e peninsulares.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Comissão Europeia pelo financiamento FEDER do projeto BIOURB como parte do Programa POCTEP – Projeto Transnacional. Este projeto está a ser desenvolvido no âmbito do quadro das atividades do Centro de Investigação de Montanha (CIMO).

### Referências

- [1] He J.F, Liu J.Y, Zhuang D.F, Zhang W & Liu M. L. 2007. Assessing the effect of land use/land cover change on the change of urban heat island intensity. *Theoretical and Applied Climatology* 90(3–4):217–226.
- [2] Alcoforado M. J, Andrade H, Lopes A & Vasconcelos J. 2009. Application of climatic guidelines to urban planning: the example of Lisbon (Portugal). *Landscape and Urban Planning* 90: 56–65.
- [3] Burghardt R., Katzschner L., Kupski S., Chao R. & Spit T. 2010. *Urban Climatic Map of Arnhem City*. Future Cities - urban networks to face climate change.
- [4] Ng, E., Katzschner L. & Wang U. 2007. *Initial Methodology of Urban Climatic Mapping – Urban Climatic Map and Standards for Wind Environment – Feasibility Study*, Technical Report for Planning Department HKSAR, April 2007.
- [5] Scherer D, Fehrenbach U, Beha H-D & Parlow E. 1999. Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning process. *Atmospheric Environment* 33: 4185–4193.
- [6] Ren, C., E.Y.-y. Ng, & L. Katzschner. 2010. Urban climatic map studies: a review. *International Journal of Climatology* 31(15): p.2213-2233.
- [7] Stewart, I.D. & T.R. Oke. 2009. *Newly developed "thermal climate zones" for defining and measuring urban heat island magnitude in the canopy layer*. T. R. Oke Symp. and Eighth Symp. on Urban Environment. Preprints, Phoenix, AZ, Amer. Meteor. Soc., J8.A.
- [8] Balkestaohl L.C. 2009. *Estrutura espaciotemporal da Ilha de Calor Urbano (Porto)*. Cadernos do curso de Doutorado em Geografia. Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- [9] Gál, T. & Unger J. 2009. Detection of ventilation paths using high-resolution roughness parameter mapping in a large urban area. *Building and Environment* 44(1): p. 198-206.
- [10] Morris, C.J.G. & Simmonds I. 2001. Quantification of the influence of wind and cloud on the nocturnal urban heat island of a large city. *Journal of Applied Meteorology*, 40(2): p. 169-182.
- [11] Zhang, N., L. Zhu, & Zhu Y. 2011. Urban heat island and boundary layer structures under hot weather synoptic conditions: A case study of Suzhou City, China. *Advances in Atmospheric Sciences*, 28(4): p. 855-865.
- [12] Chow, W.T.L. & Roth M. 2006. Temporal dynamics of the urban heat island of Singapore. *International Journal of Climatology*, 26(15): p. 2243-2260.

## Degradação física do solo em áreas queimadas de matos no nordeste transmontano

Tomás de Figueiredo, Felícia Fonseca & Anabela Queirós  
Centro de Investigação de Montanha  
Instituto Politécnico de Bragança  
Campus de Sta Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 Bragança  
tomasfig@ipb.pt

*Resumo* – O Parque natural de Montesinho (PNM) localiza-se no extremo nordeste de Portugal e apresenta uma área total de 75 mil ha, dos quais cerca de um terço estão cobertos por matos. Os solos do PNM são essencialmente incipientes, predominando Leptossolos derivados de xisto. Desde sempre o fogo esteve associado à floresta, como fator de controlo da vegetação, produzindo impactos nas propriedades do solo. O presente estudo decorreu no PNM, numa área de cerca de 5 ha coberta de matos, submetida a fogo controlado no âmbito do plano de gestão florestal. Teve como principal objetivo avaliar os efeitos do fogo no processo erosivo e na permeabilidade do solo. Na área em estudo a vegetação era constituída (antes do fogo controlado) por urze (44%), esteva (26%) e carqueja (30%). Após fogo a carqueja e a urze arderam quase por completo, enquanto a esteva revelou grande resistência ao fogo. A permeabilidade foi analisada em 11 locais distribuídos aleatoriamente, sendo as medições realizadas em momentos distintos, antes, imediatamente após, dois e oito meses depois da ocorrência do fogo, registando uma evolução temporal ao longo do ensaio explicável por efeitos associáveis à hidrofobicidade, comum nos solos de áreas recentemente ardidas, e a rearranjos estruturais ao nível dos bioporos do solo. Para quantificar o escoamento e a perda de solo, foram instaladas 6 parcelas com 4 m<sup>2</sup> cada. As colheitas decorreram entre Abril de 2011 e Maio de 2012, resultando num escoamento médio de 13 mm e numa perda de solo de 1,5 Mg ha<sup>-1</sup> nesse período. Estes resultados, embora correspondendo ainda a um período curto de observação, confirmam a complexidade dos processos em avaliação, contribuindo para a compreensão da sensibilidade potencial das áreas queimadas de matos à degradação física dos solos.

*Palavras-chave:* matos, montanha, fogo controlado, processo erosivo

### 1 Introdução

O Parque natural de Montesinho (PNM) localiza-se no extremo nordeste de Portugal e apresenta uma área total de 75 mil ha, dos quais cerca de um terço estão cobertos por matos. Os solos do PNM são predominantemente incipientes, predominando Leptossolos derivados de xisto. As comunidades arbustivas neste Parque representam áreas de especial interesse do ponto de vista hidrológico e pedológico, já que a sua distribuição tende a associá-los a áreas marginais de relevo mais ondulado ou acidentado, onde predominam também os solos mais delgados, condições potencialmente geradoras de risco severo de erosão [1,2]).

Por outro lado, os matos são percebidos como áreas de elevado risco potencial de incêndio e, na verdade, as evidências confirmam essa percepção, sendo de variada natureza as razões que para tal concorrem, de que são exemplo: (i) a sua localização mais afastada dos centros populacionais das comunidades rurais, fora portanto de controlo social do território; (ii) a ausência de estratégia e práticas de gestão destas áreas, tornando-os território entregue aos imponderáveis da natureza e da ação humana desregrada; (iii) o efetivo potencial combustível que representam. Acresce que, todas estas razões se ampliam no contexto ecológico da montanha mediterrânica, em que o fogo é parte da dinâmica da vegetação e das paisagens [1,3,4].

O solo é recurso qualitativamente escasso no NE de Portugal e mais ainda nas áreas marginais em que dominam os matos [5]. A proteção deste recurso impõe-se pelo papel central que assume na realização de serviços de ecossistema, seja os associados ao ciclo hidrológico, seja os associados aos ciclos de nutrientes e à sustentação das comunidades vegetais, seja ainda no armazenamento e na dinâmica de carbono [2,6,7,8,9,11,12]. O conhecimento dos processos de degradação do solo e dos fatores de contexto que os guiam, é condição básica para a conceção de estratégias, ações e práticas de conservação deste recurso.

As áreas ardidas de matos conjugam elementos de interesse científico e oferecem pois um desafio particular para investigação e para a intervenção técnica, razões que justificam tomá-las como objeto do estudo na origem do presente trabalho. Tem este como objetivos apresentar e discutir resultados de experimentação no terreno, conduzida com vista a avaliar o efeito do fogo em áreas de matos no Parque Natural de Montesinho, sobre indicadores relevantes da degradação física dos solos, designadamente a permeabilidade do solo superficial e a erosão hídrica.

## 2 Material e Métodos

O dispositivo experimental foi instalado numa área de matos ardida (fogo controlado), localizada no Parque Natural de Montesinho (PNM), em Aveleda, a 12 km a NNE de Bragança (41°53'57.06"N, 6°40'55.39"W) (Fig. 1). Desenvolve-se em zona de relevo ondulado, na qual cumeadas aplanadas a arredondadas, de declive suave a cotas superiores a 800 m, dividem pequenas bacias de vertentes declivosas, drenando uma rede hidrográfica temporária. Sobre um substrato geológico de xistos do Silúrico, encontram-se Leptosolos úmbricos, de textura mediana, pedregosos, ácidos, com teores medianos a elevados de matéria orgânica no horizonte superficial, delgado [12]. A precipitação anual ronda os 850 mm, em média, em Terra Fria de Planalto (temperatura média anual de 10-12,5°C) [12]. O mosaico de vegetação nesta área é dominado pela presença de matos de porte variável, mancha no seio da qual se distribuem parcelas florestadas de pinhal, e pequenas parcelas cultivadas, com cereal de Inverno e plantações recentes de castanheiros, menos frequentes com o afastamento das povoações [1,2].

Como parte do plano de gestão florestal de parcelas de pinhal próximas, a área, abrangendo a cumeada e os topos das encostas de N a W, foi queimada por fogo controlado em 31 de Março de 2011, numa extensão de cerca de 5 ha (Fig. 2). Foi realizado um levantamento da vegetação no terreno antes do fogo, identificando manchas com clara dominância de espécies representativas das principais comunidades de matos do PNM [1,2]. Avaliou-se a abundância relativa das referidas espécies em 11 locais distribuídos aleatoriamente no terreno. A vegetação era constituída, antes do fogo, por urze (*Erica australis*, 44% da superfície), carqueja (*Chamaespartium tridentatum*, 30%) e esteva (*Cystus ladanifer*, 26%). A ação do fogo não foi uniforme, tendo a carqueja e a urze ardido quase por completo, e parte significativa das manchas de esteva resistido à passagem do fogo.

A degradação física do solo, no quadro deste trabalho, foi avaliada através de uma propriedade, a permeabilidade, e de um processo hidrológico e do solo, a erosão hídrica. Este é um processo evidente de degradação; a primeira está diretamente relacionada com o fluxo e o armazenamento de água no solo, deste modo controlando seja o potencial de biomassa no terreno, seja a geração de escoamento superficial da água de precipitação.

A permeabilidade foi avaliada em 11 locais distribuídos aleatoriamente na área de estudo, antes, imediatamente após, dois e oito meses depois da ocorrência do fogo, a partir de amostras não perturbadas, colhidas em cilindros de 100 cm<sup>3</sup>, na camada de solo superficial (0-5 cm). A permeabilidade foi medida em permeâmetro de carga constante em circuito fechado, em laboratório.

Seguindo metodologia e procedimentos de campo e laboratório conhecidos [13,14], foram instaladas, nos dias subsequentes ao fogo, 6 parcelas de erosão de 4 m de comprimento por 1 m de largura, distribuídas em pares em 3 locais no topo da vertente adjacente à cumeada da área de estudo (Fig. 2). As parcelas, limitadas por chapas metálicas enterradas, terminam na sua parte inferior por uma frente triangular de metal, dotada de um orifício pelo qual água e sedimento removidos da parcela são evacuados por uma mangueira para um reservatório de 10L de capacidade, colocado a jusante num buraco aberto no solo para o efeito. As colheitas de água e sedimento implicam a troca de reservatórios cheios por vazios e remoção do material retido nas frentes das parcelas. O volume de água e a massa de sedimento em suspensão foram determinados em laboratório, no segundo caso tomando uma mostra de 100 ml após forte agitação da água contida nos reservatórios, pesada depois de seca na estufa a 105°C. Perda de solo (PS) e escoamento (E), em cada parcela e colheita, calcularam-se por (SedFrt – massa seca do sedimento recolhido nas frentes, g; SedSusp – massa seca do sedimento amostrado na água do reservatório, g; V – volume de água no reservatório, L; A – área da parcela, m<sup>2</sup>):

$$PS \text{ (g m}^{-2}\text{)} = (\text{SedFrente} + \text{SedSusp} \cdot V / 0,1) / A$$
$$E \text{ (mm)} = V / A$$



Figura 1 – Localização da área de estudo (imagens Google Earth, Novembro de 2012)

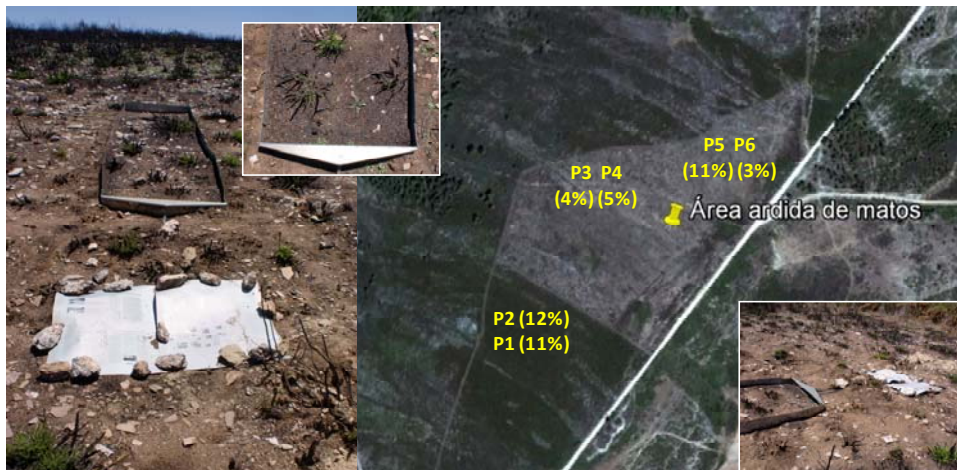


Figura 2 – Localização, declive (%) e configuração e condição de superfície das parcelas de erosão instaladas (imagem central Google Earth, Novembro de 2012)

Ao longo de 14 meses (Abril de 2011 a Maio de 2012), no ensaio ainda em curso, foram realizadas 8 colheitas no final de períodos de precipitação significativa. Os totais do período de ensaio e do 1º ano de ensaio correspondem à perda de solo e ao escoamento acumulados nas 8 colheitas e nas primeiras 7 colheitas, respetivamente.

Um udómetro, instalado na área de estudo, permitiu a medição dos totais de precipitação entre cada colheita. Devido a vandalizações dos dispositivos instalados no terreno foi perdida informação relativa a perda de solo e escoamento, parcialmente em 3 colheitas e 2 parcelas, integralmente, numa colheita e parcela. Os dados em falta foram repostos, no primeiro caso, incorporando nos cálculos o valor médio do parâmetro em falta (ou dos relevantes para a sua determinação), calculado para o conjunto das parcelas restantes nessas colheitas. No segundo caso, assumiu-se a tendência de variação temporal do parâmetro em falta nas restantes parcelas como base das estimativas dos valores em falta. Esta foi afetada, para a perda de solo, da tendência temporal de variação antecedente na mesma parcela para acomodar o historial de disponibilidade de partículas para o transporte erosivo na superfície do terreno.

Foram calculados, para cada colheita e parcela, indicadores da resposta erosiva às precipitações, a saber: coeficiente de escoamento (razão entre escoamento e precipitação, %), concentração de sedimento no escoamento (razão entre perda de solo e escoamento,  $\text{g L}^{-1}$ ), perda de solo unitária (razão entre perda de solo e

escoamento,  $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ ). As avaliações da condição de superfície das parcelas e da evolução da vegetação na área de estudo não foram ainda incorporadas na análise de resultados apresentada. O tratamento estatístico da informação coligida incluiu estatística descritiva, análise de variância (a um fator) e testes de comparação de médias (Tukey,  $p < 0,05$ ), correlação e regressão linear simples.

### 3 Resultados

Para o período de ensaio foram registados 545,3 mm de precipitação, sendo o total global de escoamento e perda de solo no conjunto das parcelas de 13 mm e de 147,3  $\text{g m}^{-2}$ , respetivamente. A resposta erosiva global das parcelas neste período traduziu-se num coeficiente de escoamento de 2,4 %, com concentração de sedimento de 11  $\text{g L}^{-1}$ , sendo a perda de solo por unidade de precipitação de 0,27  $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$  (Tabela 1).

No mesmo período, a resposta erosiva das parcelas foi relativamente ampla, com o coeficiente de escoamento a variar entre 1,8 e 3,5%, a concentração de sedimento entre 8 e 14  $\text{g L}^{-1}$ , e a perda de solo unitária entre 0,18 e 0,51  $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ , nas parcelas de menor e de maior valor respetivamente. O escoamento menor registado foi de 9,8 mm na parcela 6, contra um máximo de 19,2 mm na Parcela 1, padrão que se repetiu para a perda de solo (respetivamente, 95,8 e 276,6  $\text{g m}^{-2}$  nas parcelas indicadas) (Tabela 1).

Apuraram-se resultados de base anual para o 1º ano de ensaio, representados na Figura 3. Para uma precipitação de 354 mm, o escoamento anual médio nas 6 parcelas foi de 10,3 mm e a perda de solo de 128  $\text{g m}^{-2}$ . As Parcelas 1 e 6 representaram os extremos de resposta erosiva no ensaio, seja quanto ao escoamento (16,5 a 7,2 mm, respetivamente), seja quanto à perda de solo (245 a 89  $\text{g m}^{-2}$ , respetivamente). Tomando o conjunto dos registos do 1º ano de ensaio, por parcela e por colheita, não se identificam diferenças significativas entre parcelas quanto ao escoamento do 1º ano de ensaio ( $p = 0,252$ ), ao contrário da perda de solo, parâmetro em que as médias diferiram significativamente ( $p = 0,023$ ) (Fig. 3).

Tabela 1 – Resultados globais do ensaio: precipitação, escoamento, perda de solo e índices relacionados.

Parâmetro	Gama de variação		Média
<i>Período de ensaio</i>	<i>Abril de 2011 a Maio de 2012</i>		
<i>Precipitação (mm)</i>	545,3		
Escoamento (mm)	9,8	19,2	13,0
Perda de solo ( $\text{g m}^{-2}$ )	95,8	276,6	147,3
Coeficiente de escoamento (%)	1,8	3,5	2,4
Concentração de sedimento ( $\text{g L}^{-1}$ )	8	14	11
Perda de solo unitária ( $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ )	0,18	0,51	0,27

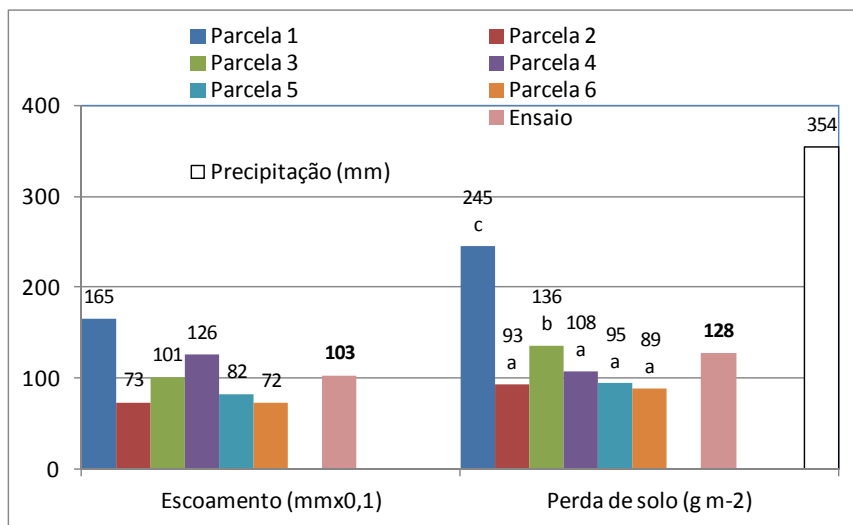


Figura 3 – Resultados do 1º ano de ensaio: escoamento e perda de solo totais médios (Ensaio) e por parcelas de erosão, e precipitação total registada (letras diferentes sobre as colunas distinguem significativas as parcelas quanto à média das colheitas)

Em ambos os parâmetros, escoamento e perda de solo, registaram-se diferenças importantes entre colheitas, em resultado de uma variação temporal na resposta erosiva dos talhões. O padrão médio desta resposta no conjunto das parcelas está representado na Fig. 4. Escoamento e perda de solo diferem claramente neste padrão, no primeiro caso aproximando-se da resposta linear, com uma correlação forte entre os valores acumulados de precipitação e de escoamento ao longo do ensaio ( $r^2 = 0,954$ ). Apesar disso, observam-se dois períodos nos quais a resposta erosiva foi mais produtiva em termos de exportação de água e sedimento das parcelas, designadamente os correspondentes à Colheitas 3 e 5. Nestes períodos, a perda de solo por unidade de precipitação foi expressivamente superior à das restantes colheitas, tornando o padrão de evolução temporal neste parâmetro distinto do escoamento. Independentemente disso, assinala-se que o padrão se assemelha, neste caso, a uma curva sigmoide, com perdas de solo tendencialmente menores ao longo do tempo.

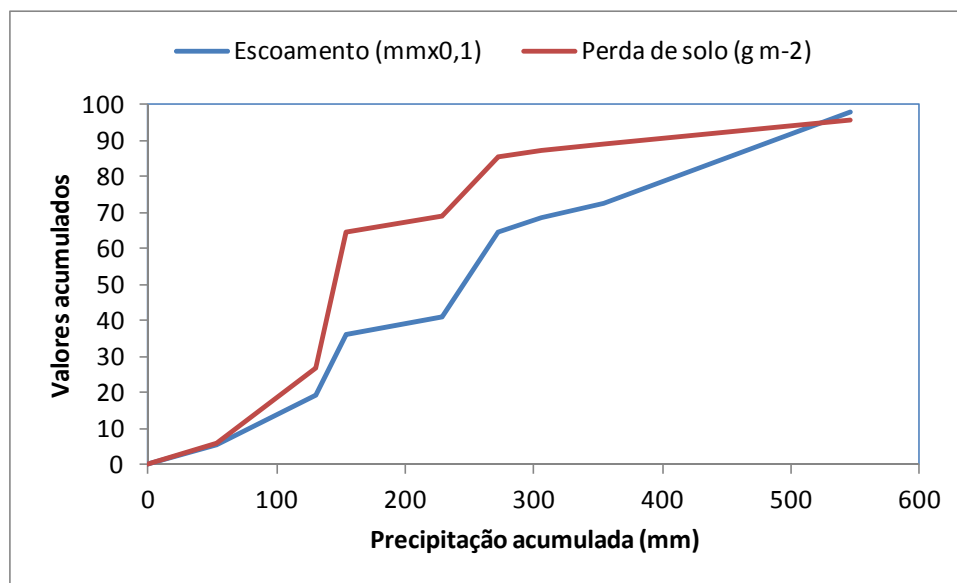


Figura 4 – Evolução temporal do escoamento e da perda de solo ao longo do ensaio: média das 6 parcelas de erosão

A permeabilidade do solo no ensaio situou-se, em termos médios, nas classes rápida e muito rápida. Todavia, os valores deste parâmetro apresentaram uma muito acentuada dispersão, encontrando-se amostras até à classe muito lenta, em qualquer dos momentos de amostragem. A média dos valores de permeabilidade evoluiu ao longo do tempo, decrescendo de  $22 \text{ cm h}^{-1}$ , na condição original do solo, para  $14 \text{ cm h}^{-1}$  imediatamente após o fogo. Dois meses depois, a média subiu significativamente para  $113 \text{ cm h}^{-1}$ , decrescendo para  $36 \text{ cm h}^{-1}$ , 8 meses após o fogo, valor que difere significativamente dos restantes (Fig. 5).

#### 4 Discussão

Os resultados apresentados evidenciam as condições particulares do ensaio quanto à precipitação. O período de ensaio, especialmente no seu 1º ano foi anormalmente seco (cerca de 40 % da média), de resto com uma distribuição muito diferente do padrão normal (chuva nos meses de Verão e um Inverno sem precipitação). Considerando que a precipitação é fator e agente de erosão hídrica, os resultados obtidos deverão refletir esta circunstância, pelo que se podem tomar as respostas erosivas como representativas de um mínimo potencial para as condições de ensaio.

A taxa anual de erosão no conjunto das parcelas (equivalente a  $1,3 \text{ t ha}^{-1}$ ) é inferior à tolerância de perda de solo em regra admitida para solos delgados de substrato não renovável ( $2,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  [15]), embora se aproxime do valor de  $1,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , em processo de aceitação como tolerância de perda de solo no espaço europeu [16]. É também mais baixa do que registada em parcelas de dimensão semelhante instaladas nos primeiros anos da plantação de um povoamento florestal, com condições de superfície semelhantes quanto à cobertura vegetal adventícia [13,14]. Em áreas ardidas, de floresta e mato, os registos são em regra superiores [7,8,17,18,19]

assim como em matos não submetidos ao fogo[20]. Interpretação no mesmo sentido é válida para os valores médios globais de escoamento anual (10,3 mm).

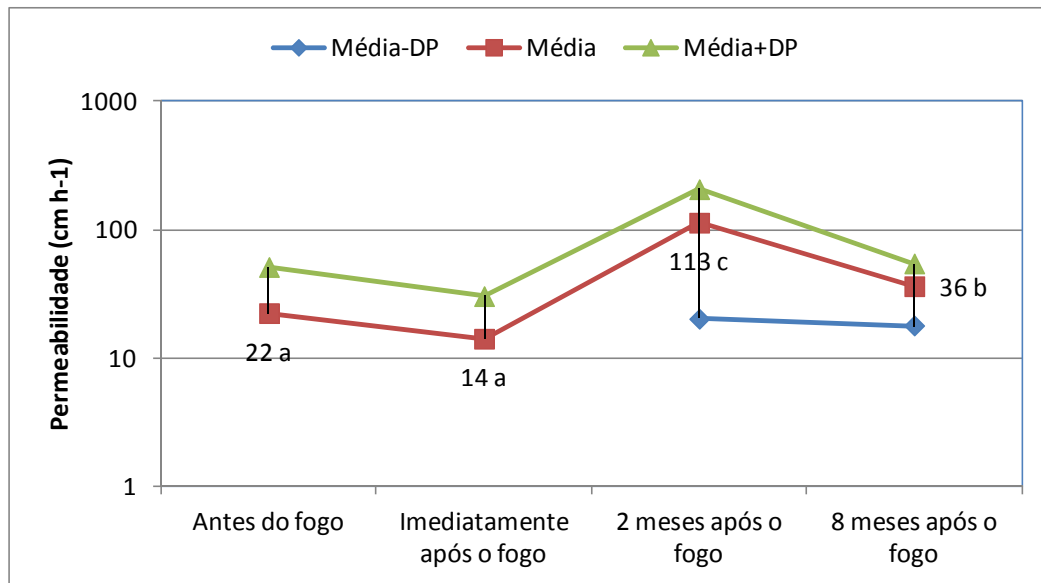


Figura 5 – Evolução temporal da permeabilidade do solo superficial na área de estudo, até aos 8 meses pós-fogo (médias seguidas de letras diferentes são significativamente diferentes,  $p < 0,05$ )

O baixíssimo total anual de precipitação justificará, em primeira aproximação, estes valores porquanto, tomando a perda de solo unitária calculada para o período de ensaio como elemento de estimativa ( $0,27 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ ), apura-se uma perda de  $2,3 \text{ t ha}^{-1}$  em ano de precipitação normal. Acresce que, outros factores não explorados ainda na análise dos resultados podem concorrer para um baixo potencial de perda de solo nestas condições de ensaio. É particularmente o caso da elevada pedregosidade dos solo na área, situação semelhante a de outras áreas estudadas pelos outros no NE de Portugal [13,14,21,22].

Os valores apurados ao nível da parcela de erosão sublinham a forte dispersão das séries de perda de solo e de escoamento, referenciada com frequência (e. g., [13,22]). Nota-se que a perda de solo na Parcela 1 supera a tolerância aceite de  $2,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , mostrando que, no contexto da área de estudo e sob condições de baixa precipitação, podem esperar-se taxas pontuais de perda de solo críticas.

As diferenças na resposta erosiva das parcelas, estatisticamente significativas no caso da perda de solo, não poderão ser atribuídas ao fator declive, já que a correlação positiva entre as duas variáveis não é significativa ( $r^2 = 0,118$ ). A evolução da cobertura vegetal do terreno, a pedregosidade e a rugosidade superficial nas parcelas, muito importantes para a resposta erosiva à micro-escala [13,14], ainda não incorporados na análise de resultados do ensaio, deverão contribuir para explicar as diferenças registadas entre parcelas.

A evolução temporal da perda de solo e do escoamento em parcelas de erosão segue padrão já conhecido, verificado experimentalmente em áreas de solo nu ou escassamente revestido de vegetação [13,14].

A dispersão de valores de permeabilidade encontrada nas amostragens realizadas corresponde à situação típica encontrada nesta propriedade do solo [23]. O decréscimo da permeabilidade após o fogo relativamente à condição antecedente do solo é amplamente referenciado na literatura, em regra atribuído à hidrofobicidade do solo gerada pela libertação, por ação do fogo, de constituintes de natureza lipídica presentes no material vegetal ardido, condição de persistência muito variável em função da intensidade do fogo e das condições ambientais prevalentes após o fogo [24,25,26,27].

No caso em estudo, a persistência dessa condição pós-fogo foi curta, uma vez que a permeabilidade média determinada aos 2 meses após o fogo foi muito significativamente superior. A ocorrência do fogo poderá ter implicado a queima de raizame superficial da vegetação presente. Uma vez arenado ou desaparecido o efeito da

hidrofobicidade inicial, a rede de bioporos determinada pelo raizame superficial, agora desimpedida pela queima do material vegetal, terá, aparentemente passado a assegurar um fluxo preferencial, mais rápido, da água, explicando, assim, a elevada permeabilidade do solo superficial determinada 2 meses após o fogo.

O decréscimo para valores significativamente inferiores de permeabilidade aos 8 meses após o fogo, ainda assim significativamente superiores aos do início do ensaio (antes e após o fogo), pode explicar-se pelo rearranjo e consolidação da estrutura do solo na nova condição determinada pelo fogo. De facto, para esta nova condição concorrem efeitos de sentido oposto como a precipitação, o colapso parcial de bioporos vazios, a instalação de vegetação adventícia, o restabelecimento da flora microbiana e da atividade biológica do solo. Os resultados indicam que o balanço dos efeitos acima sugeridos, determinou, ao fim de 8 meses após o fogo, a manutenção, em termos médios, de condições para um fluxo rápido de água no solo superficial.

## 5 Conclusões

Embora os valores absolutos reportados relativamente às variáveis indicadoras de degradação física do solo por efeito do fogo na área de matos em estudo, não sejam expressivos, elucidam no entanto sobre a complexidade das respostas nos processos hidrológicos e do solo nestas condições.

Para além disso, e no que respeita em especial a erosão hídrica, há que considerar o facto de a condição de partida corresponder a solos delgados, já degradados na sua capacidade de atender aos requisitos básicos de suporte de uma cobertura vegetal significativa para a proteção do solo. As taxas de erosão apuradas neste trabalho, para uma condição potencial associada à muito baixa precipitação registada, situaram-se acima de 1 t há<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Estes valores e as condições experimentais em que se registaram, próximos dos limites de tolerância de perda de solo em processo de aceitação na Europa, permitem considerar, em termos conclusivos, que o ensaio confirma a especial sensibilidade das áreas ardidas aos processos de degradação física do solo em consequência do fogo, situação em que os matos se incluem.

Estas razões impõem a necessidade prosseguir e aprofundar os trabalhos experimentais no terreno nestas áreas.

### Referências

- [1] IPB/ICN. 2007. Plano de Ordenamento do Parque Natural de Montesinho – Caracterização. Bragança.
- [2] Bompastor, A., Figueiredo, T., Fonseca, F., 2009. Matos do Parque Natural de Montesinho, NE de Portugal – produção de serviços ecossistémicos. *Proceedings 15º Congresso da APDR*, Cabo Verde, 339-364.
- [3] CIMO 2009. *Novos sistemas para os espaços de montanha – projecto transversal do CIMO*. Centro de Investigação de Montanha, Bragança.
- [4] Rosário, L.P. (coord.) 2011. *Serviços do ecossistema em espaços florestais – grupo de trabalho: 2º Relatório de progresso*. Autoridade Florestal Nacional, Lisboa, 75pp.
- [5] Figueiredo, T. de 2002. Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do Nordeste Transmontano. In: *Actas do “II Seminário sobre Recursos Naturais do Nordeste Transmontano”*, Escola Superior de Educação de Bragança, Novembro de 2001. 4-11, 9 pp.
- [6] Rashid, G.H. 1987. Effects of fire on soil carbon and nitrogen in a Mediterranean oak forest of Algeria. *Plant and Soil* 103: 89-93.
- [7] Thomas, A.D., Walsh, R.P.D. & Shakesby, R.A. 1999. Nutrient losses in eroded sediment after fire in eucalyptus and pine forests in the Mediterranean environment of Northern Portugal. *Catena* 36: 283-302.
- [8] Pardini, G., Gispert, M. & Dunjó, G. 2004. Relative influence of wildfire on soil properties and erosion processes in different Mediterranean environments in NE Spain. *Science of the Total Environment*, 328: 237-246.
- [9] José, S. 2009. Agroforestry for ecosystems services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 76:1–10.
- [10] Fonseca, F., Leite, M. & Figueiredo, T. 2011. Soil properties in burned and unburned Mediterranean shrublands of Montesinho Natural Park, Northeast Portugal. In Gonçalves, A.B. & Vieira, A. (eds.) *Fire effects on soil properties*, NIGP-Univ. Minho and GEGOT, p. 144-147.
- [11] Fonseca, F., Figueiredo, T. & Bompastor, M.A. 2012. Carbon storage in shrub communities of Montesinho Natural Park in northeast of Portugal. *Agroforestry Systems* 86: 463-475.

- [12] Agroconsultores & Coba. 1991. *Carta dos Solos do Nordeste de Portugal*. UTAD, Vila Real.
- [13] Fonseca, F. 2005. *Técnicas de preparação do terreno em sistemas florestais: Implicações no solo e no comportamento das plantas*. Dissertação de Doutoramento. UTAD, Vila Real.
- [14] Figueiredo, T., Fonseca, F. & Martins, A. 2012. Soil loss and runoff in young forest stands as affected by site preparation technique: a study in NE Portugal. *European Journal of Forest Research* 131: 1747-1760.
- [15] Arnoldus, H. M. J. 1977. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. In *Assessing Soil Degradation*, FAO Soils Bulletin n° 34, FAO, Rome, Italy, p. 39-48.
- [16] Verheijen, F.G.A., Jones, R.J.A., Rickson, R.J. & Smith, C.J. 2009 Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth-Sci Rev* 94: 23–38.
- [17] Andreu, V., Imeson, A.C., Rubio & J.L. 2001. Temporal changes in soil aggregates and water erosion after a wildfire in a Mediterranean pine forest. *Catena* 44: 69-84.
- [18] Campo, J., Andreu, V., Gimeno-García E., González, O. & Rubio, J.L. 2006. Occurrence of soil erosion after repeated experimental fires in a Mediterranean environment. *Geomorphology* 82: 376-387.
- [19] Gimeno-García, E., Andreu, V. & Rubio, J.L. 2007. Influence of vegetation recovery on water erosion at short and medium-term after experimental fires in a Mediterranean shrubland. *Catena* 69: 150-160.
- [20] Nunes A.N., Almeida A.C., Coelho C.O.A. 2011. Impacts of land use and cover type on run-off and soil erosion in a marginal area of Portugal. *Appl Geogr* 31:687–699.
- [21] Figueiredo, T. de & Ferreira, A.G. 1993. Erosão dos solos em vinha de encosta na Região do Douro, Portugal. In: *Actas do ‘XII Congresso Latinoamericano da Ciência do Solo’*. Salamanca, Espanha, pp 79–88.
- [22] Figueiredo, T. de 2001. *Pedregosidade e Erosão Hídrica dos Solos em Tra´s-os-Montes: contributo para a interpretação de registos em vinhas ao alto na Região do Douro*. PhD Dissertation, Universidade de Tra´s-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 283pp.
- [23] Hillel, D. 1998. *Environmental Soil Physics*. Academic Press, San Diego, USA, 771pp.
- [24] Imeson, A.C., Verstraten, J.M., van Mulligen, E.J. & Sevink, J. 1992. The effects of fire and water repellence on infiltration and runoff under Mediterranean type forest. *Catena* 19: 345-361.
- [25] Hubbert, K.R., Preisler, H.K., Wohlgemuth, P.M., Graham, R.C. & Narog, M.G. 2006. Prescribed burning effects on soil physical properties and soil water repellency in a steep chaparral watershed, southern California, USA. *Geoderma* 130: 284-298.
- [26] Are, K.S., Oluwatosin, G.A., Adeyolanu, O.D. & Oke, A.O. 2009. Slash and burn effect on soil quality of an Alfisol: Soil physical properties. *Soil & Tillage Research* 103: 4-10.
- [27] Woods, S.W. & Balfour, V.N. 2010. The effects of soil texture and ash thickness on the post-fire hydrological response from ash-covered soils. *Journal of Hydrology* 393: 274-286.

# O uso dos herbívoros na prevenção dos incêndios: uma nova oportunidade para a sustentabilidade da floresta

Marina Castro & Esther Fernández-Núñez  
Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança  
Campus de Sta Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 Bragança  
marina.castro@ipb.pt

*Resumo* – O reconhecimento da extrema vulnerabilidade da floresta portuguesa aos incêndios florestais impõe o estabelecimento de medidas que possam contrariar a curto prazo esta elevada susceptibilidade. O risco de incêndios e suas consequências dependem de forma determinante das condições climáticas, que são constantes à escala Humana, e da estrutura e composição da floresta. As possibilidades de gestão, do risco estrutural, passam por medidas de sensibilização de difícil implementação e que produzem efeitos a longo prazo e, por medidas de gestão do combustível com resultados mais imediatos. A redução dos combustíveis (continuidades vertical e horizontal dos estratos) pode ser feita por diferentes processos, entre os quais, o corte mecânico, o fogo controlado e o uso do pastoreio orientado. O efeito destas operações sobre a vegetação existente é muito diferente. O corte e o fogo reduzem drasticamente a biomassa combustível, o pastoreio é uma técnica mais lenta, mas a sua eficiência a médio e longo prazo é maior, já que, por exemplo, o consumo reiterado debilita e reduz a capacidade de regeneração da maior parte das espécies arbustivas. No entanto, a capacidade “destruidora” do gado depende das características inerentes ao próprio animal (espécie, raça, hábitos alimentares, etc.) e do tipo de vegetação existente. Em função do tipo de recurso/tipo de combustível, o gado a utilizar deve ser diferente, se o pasto lenhoso é abundante, é aconselhável introduzir lignívoros, enquanto se o pasto for herbáceo deverão ser introduzidos herbívoros pastadores. O objetivo deste estudo foi fazer uma análise comparativa das dietas de ovinos e caprinos, fazendo uma tipologia dos recursos usados, destacando a capacidade de cada uma das espécies na remoção de diferentes tipos de combustível. A presença dos recursos espontâneos lenhosos na dieta dos caprinos foi muito relevante, evidenciado a forte aptidão desta espécie para o consumo destes recursos.

*Palavras-chave:* redução combustíveis, ovinos, caprinos, dietas.

## 1 Introdução

As transformações socioeconômicas ocorridas durante a segunda metade do século XX, particularmente, o êxodo rural, a diminuição da atividade agrícola, a redução da rentabilidade florestal e as políticas adotada concernentes à exclusão dos animais na floresta, favoreceram a acumulação da carga combustível no sub-bosque da grande maioria das áreas florestais mediterrânicas [1,2,3,4].

A vegetação do sub-bosque florestal pode ser um recurso forrageiro interessante, mas também o combustível necessário para a propagação do fogo, especialmente durante os verões quentes e secos em região Mediterrânica.

A redução dos combustíveis pode ser feita por diferentes processos, entre os mais usados, destaca-se, o corte mecânico (motoroçadoras, grade de discos, etc.), o fogo controlado e o uso de herbicidas.

O corte mecânico feito com motoroçadora é comparável ao efeito dos herbívoros em pastoreio por ação de remoção (dente) e pisoteio. Estudos realizados na região da Andaluzia (Espanha) [5] mostram que o custo de manutenção dos corta-fogos, mediante o emprego de motoroçadoras varia entre 84 e 461 €ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, já o uso dos herbívoros nestas zonas, ainda que não elimine completamente a necessidade de realizar limpezas, reduz substancialmente a sua frequência, podendo reduzir esses custos até cerca de 75%.

O uso de fogo controlado é uma técnica de custo muito reduzido comparativamente aos métodos de corte mas por vezes existem algumas contra-indicações para a sua utilização. [6] referem também o aumento do risco erosivo associado à perda do coberto vegetal.

Alternativamente, a limpeza biológica através do uso de animais em pastoreio dirigido é uma técnica eficaz e econômica para o tratamento dos bosques. A redução do risco de incêndio resultante da diminuição da carga combustível em simultâneo ao aumento da rentabilidade da exploração dos montes, proveniente da produção de carne e, a melhoria da transitabilidade do monte [7], são fatores decisivos na adoção desta “nova-velha” arte de limpeza florestal.

A investigação centrada no uso de pastoreio com vacas, ovelhas e cabras como técnica de gestão dos combustíveis tem mostrado bons resultados, no que concerne ao custo e efetividade, em diversos países, tais como França [8], Grécia [9], Portugal [10] ou Espanha [7,11,12].

Contudo, os herbívoros simultaneamente ao seu trabalho de limpeza terão que ter a possibilidade de se alimentar com os recursos provenientes do sub-bosque. Os herbívoros selecionam as suas dietas partindo da disponibilidade de recursos forrageiros com distintas características químicas e físicas, mas regra geral as suas dietas resultam mais ricas em nutrientes e mais pobres em substâncias antinutricionais (toxinas) que a média do conjunto dos recursos disponíveis [13], ou seja, é precisamente a capacidade de seleção que poderá intervir ao nível da concentração de nutrientes de recursos vegetais de limitada qualidade como frequentemente acontece com os meios florestais.

Muitos fatores intervêm no complexo processo de seleção, entre os quais, destacamos as características inerentes ao próprio animal (tamanho corporal, estrutura bucal, estrutura do tracto digestivo, etc., [14]. As ovelhas são espécies pastadoras com maior tendência para o consumo de lenhosas (ramoneo em espanhol ou browsing em inglês) que as vacas, enquanto que, as cabras foram classificadas como uma espécie com hábitos alimentícios intermédios, adaptados tanto ao pastoreio de herbáceas como de lenhosas, mostrando variação da sua dieta em função da disponibilidade da forragem, o seu valor nutritivo e a estação do ano [15].

Devido às suas características anatomo-fisiológicas, os caprinos são o grupo, entre os herbívoros domésticos, melhor adaptados ao consumo das coberturas vegetais presentes no bosque mediterrâneo [16]. Esta adaptação acrescida, relativamente aos ovinos e principalmente os bovinos, é ditada pela forma do focinho, mobilidade dos lábios superiores, tamanho corporal, agilidade para subir a algumas árvores ou possibilidade de alimentação em posição bípeda (sob as patas traseiras, [17]).

As cabras demonstram maior preferência pelas espécies lenhosas durante todo o ano mesmo quando as herbáceas são de boa qualidade e abundantes (primavera) [1]. Comparados com outros ruminantes domésticos, as cabras selecionam uma ampla variedade de plantas de qualidade superior, às selecionadas por vacas ou ovelhas.

Em estudos comparativos feitos por [18], os caprinos consumiam 60% de arbustos, 30% de gramíneas e 10% de outras herbáceas do sub-bosque, enquanto que nas ovelhas, a proporção era de 20% de arbustos, 50% de gramíneas e 30% outras herbáceas. Segundo, [19], as cabras consomem bem as gramíneas imaturas, mas com a perda de qualidade resultante do avanço do estado fenológico redirecionam a sua dieta para as lenhosas. Além disso, o pastoreio de caprinos, melhora a qualidade do pasto natural e aumenta a disponibilidade de espécies herbáceas para outros herbívoros selvagens e domésticos como as ovelhas [19].

Neste trabalho, analisa-se a variação anual da dieta de ovinos e caprinos, assim como a variação da preferência alimentar entre as duas espécies quando expostos ao mesmo tipo de recursos, destacando a superioridade dos caprinos para a realização da limpeza biológica das florestas.

## **2 Material e métodos**

Este trabalho centra-se na análise do comportamento alimentar de pequenos ruminantes domésticos, designadamente na avaliação dos seus regimes alimentares, dietas e preferências alimentares; é composto por dois estudos realizados em Trás-os-Montes. O primeiro decorreu entre 1999 a 2000 e centrou-se na análise comparada da preferência alimentar de ovinos e caprinos face aos recursos alimentares disponíveis. Os quatro rebanhos (dois de ovinos e dois de caprinos) monitorizados distribuíam-se por três freguesias do Concelho de Bragança (Rebordaínhos, Sortes, Freixedelo) e uma de Vinhais (Zido).

O outro baseia-se na análise dos regimes alimentares de seis rebanhos (três de ovinos e três de caprinos) localizados na freguesia de Morais (Concelho de Macedo de Cavaleiros), durante os anos de 2011-2012.

Em ambos os casos, os rebanhos foram monitorizados, desde a saída à entrada na corriça, através do acompanhamento dos rebanhos e do registo dos percursos de pastoreio com GPS.

No estudo realizado nas quatro freguesias da *Terra Fria Transmontana*, a frequência de monitorização foi mensal, o que originou 52 percursos. No segundo, os percursos de pastoreio foram realizados no outono, inverno, primavera e verão.

O estudo do comportamento de ovinos e caprinos baseou-se no registo da actividade de um grupo de 10 animais representativos do rebanho, seleccionados ao acaso em cada observação. Este procedimento repetiu-se em intervalos de 15 minutos durante todo o percurso de pastoreio, mesmo quando ocorreu pastoreio nocturno. As actividades dos animais foram todas anotadas (alimentação, deslocamento, repouso com e sem ruminação e em posição de pé ou deitado) e sempre que os animais estavam na actividade de pastoreio, eram registadas as espécies vegetais ou as formações vegetais consumidas.

Adicionalmente, para o estudo da preferência, a disponibilidade das diferentes espécies vegetais foi avaliada nos pontos coincidentes com a observação do comportamento dos animais. A disponibilidade de cada espécie lenhosa estimou-se a partir da sua cobertura. A estimativa percentual da cobertura realizou-se visualmente considerando a projecção vertical da sua biomassa aérea. No caso das herbáceas registou-se o tipo de comunidade (lameiro, cobertura vegetal espontânea, restolho, pousio, e forragem), e estimou-se a sua disponibilidade, a partir da evolução da cobertura. A avaliação incidiu sobre o território coincidente com a área potencial de permanência e movimento não organizado do rebanho, constituindo por isso, o conjunto de manchas onde se encontra o rebanho.

A dieta dos rebanhos em cada percurso de pastoreio foi estimada a partir do inventário das espécies vegetais consumidas ao longo das sequências de amostragem de 15 minutos. A proporção de cada recurso na dieta é calculada através do número de animais observados em cada espécie/recurso sobre o número total de animais observados na actividade de alimentação.

Dadas as condições experimentais é difícil avaliar a preferência das diferentes espécies vegetais, uma vez que a sua disponibilidade varia muito, por vezes entre cada ponto de amostragem. Para contornar esta dificuldade, numa primeira fase tipificamos os percursos em função da disponibilidade de espécies e posteriormente comparamos as espécies dentro dos grupos a que pertencem.

As espécies que simultaneamente não estavam representadas em 10% dos percursos nem em 1% dos pontos amostrados foram eliminadas da análise de preferência; resultaram assim quatro classes vegetais herbáceas (lameiros, cobertura vegetal espontânea – pastos pobres de altitude, pastos de sub-bosque dos soutos, olivais, etc., restolhos e forragens) e 17 lenhosas (*Cytisus scoparius*, *Cytisus striatus*, *Cytisus multiflorus*, *Genista falcata*, *Fraxinus angustifolia*, *Salix sp.*, *Ulmus minor*, *Rubus sp.*, *Erica spp.*, *Pterospartum tridentatum*, *Quercus pyrenaica*, *Lavandula stoechas*, *Cistus ladanifer*, *Cistus psilosepalus*, *Halimium lasianthum*, *Daphne gnidium*, *Crataegus monogyna*).

Para a análise da selecção da dieta foi usado o índice de Krueger (1972), que compara a percentagem da espécie (ou categoria no caso das herbáceas) na dieta com a sua disponibilidade no território.

$$\text{Prefêrencia} = \frac{\% \text{ da espécie da dieta}}{\% \text{ da cobertura da espécie na área do percurso}}$$

Calculou-se o índice para cada uma das espécies ou categorias vegetais em cada percurso, mediante a média do conjunto dos pontos de observação em que as espécies vegetais estavam disponíveis.

A dieta dos seis rebanhos nos quatro períodos do ano em Morais foi determinada. Posteriormente os recursos alimentares, em cada dieta foram agrupados em herbáceos, lenhosos e cultivados de modo a permitir identificar

a estratégia trófica de ovinos e caprinos e a sua variação anual; assim como apreciar a distinta relação entre cada uma das espécies de pequenos ruminantes e a matriz agrícola e florestal.

Foram incluídos em recursos cultivados, os lameiros e todas as culturas forrageiras – sorgo, ferrã, aveia, feijão-frade; como herbáceos, o conjunto de recursos vegetais herbáceos de diferente natureza, como o crescimento herbáceo no sub-coberto dos olivais, o crescimento herbáceo dos sobreirais e azinhais, as herbáceas junto aos leitos dos rios, os herbaçais de junça, sempre com carácter espontâneo. E como lenhosos, todos os recursos arbustivos e arbóreos.

### 3 Resultados

#### 3.1 Dieta

A variação da proporção das componentes lenhosa e herbácea na dieta de ovinos e caprinos evidencia uma diferente estratégia trófica entre ambas as espécies. A relação lenhosas/herbáceas na dieta de caprinos é de 52,55-47,23% no outono, 58,09-41,91% no inverno, 31,77-68,23% na primavera e 65,64-34,36% no verão, apenas na primavera o consumo de herbáceas supera o de lenhosas. O consumo de herbáceas pelos caprinos na primavera baseia-se no pastoreio de áreas de matos ardidas que neste período apresentavam uma cobertura de herbáceas de grande qualidade. Também, o pastoreio nas formações tipo montado do Monte de Morais, contribui para elevado consumo de herbáceas. A estratégia alimentar evidenciada por este padrão de consumo nos caprinos pode classificar-se como mista (*mixed feeders*) uma vez que a dieta varia anualmente em função da disponibilidade e qualidade dos recursos alimentares.

No caso dos ovinos a relação lenhosas/herbáceas é de 19,67-80,33%, no outono, 21,64-78,36% no inverno, 6,10-93,90% na primavera e 17,27-82,73%, ou seja, uma dieta constituída ao longo de todo o ano principalmente por herbáceas, evidenciando uma estratégia típica pastadora (*Bulk and Roughage Feeders or Grazers*).

A composição da dieta reflete a variação sazonal e espacial, da disponibilidade e qualidade dos recursos. Já a relação entre as componentes lenhosa e herbácea da dieta tende a mostrar um padrão intimamente relacionado com a espécie animal. Ou seja, apesar dos recursos poderem ser diferentes em função das variáveis enunciadas a tipologia da sua composição segue um padrão identificado por numerosos autores.

A análise da tipologia dos recursos consumidos permite perceber a relação dos rebanhos com o território. A ligação dos ovinos com a matriz agrícola e a dos caprinos com a matriz florestal foi descrita por [20].

A análise da tipologia dos recursos alimentares presentes na dieta de ovinos e caprinos, considerando, recursos cultivados (lameiros, forragens como sorgo, feijão-frade, ferrã, etc.), recursos espontâneos herbáceos (coberturas vegetais espontâneas como sub-bosque de azinhal e sobreiral, sub-coberto de olival, pousios, restolhos, herbáceas dos leitos dos rios, etc.) e recursos lenhosos (folhas de árvores, bolotas, raminhos e folhas de arbustos,) evidencia diferenças muito claras entre uns e outros (Fig. 1).

A proporção de recursos cultivados na dieta de caprinos é de 28,39% no outono, 0,00% no inverno, 9,26% na primavera e 23,10% no verão, no caso dos ovinos sobem claramente para, 53,39% no outono, 21,52% no inverno, 42,23% na primavera e 58,04% no verão. Ou seja, a proporção de recursos espontâneos nas dietas de caprinos varia de 72% (outono) a 100% (inverno).

A análise da tipologia da dieta de caprinos e ovinos deixa transparecer uma forte relação dos primeiros com os habitats florestais enquanto os segundos se relacionam com os habitats agrícolas.

#### 3.2 Preferências

A variação da preferência pelos recursos vegetais que constituem cada um dos grupos de recursos pode ser apreciada na Tabela 1. Considera-se que as espécies vegetais com índice de preferência (IP) inferior a 0.95 são recusadas e superior a 1.05 preferidas, entre estes limites são neutras.

No caso dos recursos dos percursos de pastoreio do grupo I, os caprinos demonstram recusa acentuada pela *Cistus psilosepalus* (IP = 0,03) y *Cytisus striatus* (IP = 0,61), indiferença pelas urzes (IP = 0,95) e preferência acentuada pelo ulmeiro (IP = 7,11), carqueija (IP = 4,35) e salgueiro (IP = 1,74). Contrariamente, as ovelhas demonstram clara recusa pelo ulmeiro, salgueiro e *Cistus psilosepalus* assim como preferência pela carqueija (IP = 2,39), urzes (IP = 1,50) e *Cytisus striatus* (IP = 1,10). O grau de apetência pelas espécies arbóreas (ulmeiro e salgueiro) é distinto entre ovinos e caprinos. As diferenças morfológicas existentes entre ovinos e caprinos e a possibilidade dos últimos se levantarem nas duas patas traseiras confere-lhes uma maior possibilidade, a quando, da seleção do seu regime alimentar.

A *P. tridentatum* é uma espécie preferida tanto por ovinos como caprinos, enquanto que *C. psilosepalus* é recusada por ambos os tipos de rebanho. O que indicia uma pauta geral de variação da preferência entre as espécies vegetais, ligada por um lado, à qualidade e, por outro, à recusa frente às defesas anti-herbívoro. Estas duas espécies vegetais parecem encaixar bem na primeira linha explicativa da preferência.

*Pterospartum* é uma leguminosa, apresentando um valor alimentar interessante [21], e a sua valoração positiva deve-se à sua qualidade, enquanto que a recusa da *Cistus psilosepalus* provavelmente se relacionaria com a sua má qualidade ou presença de defesas anti-herbívoro, já que nas observações de campo nunca foi uma espécie com consumos visíveis.

Tabela 1. Índice de preferência para ovinos e caprinos.

Grupos	Espécies/Recursos	Índice de preferência	
		Ovinos	Caprinos
I	<i>Pterospartum tridentatum</i>	2,39	4,35
	<i>Erica</i> spp.	1,50	0,95
	<i>Cytisus striatus</i>	1,10	0,61
	<i>Cistus psilosepalus</i>	0,30	0,03
	<i>Ulmus minor</i>	0,00	7,11
	<i>Salix</i> sp.	0,00	1,74
II	Lameiros	0,99	0,56
	Forragem	0,95	0,83
	Pastagem	0,88	0,71
	<i>Genista falcata</i>	0,79	0,91
	<i>Cytisus multiflorus</i>	0,82	1,04
	<i>Rubus</i> sp.	5,64	9,70
III	<i>Fraxinus angustifolia</i>	0,00	6,13
	<i>Quercus pyrenaica</i>	2,75	4,57
	<i>Cytisus scoparius</i>	1,03	1,21
	<i>Halimium lasianthum</i>	0,00	4,32
IV	Restolho	1,00	0,98
	<i>Lavandula stoechas</i>		0,34
	<i>Cistus ladanifer</i>		1,34
	<i>Daphne gnidium</i>		0,10
	<i>Crataegus monogyna</i>		2,41

É precisamente nos recursos do grupo II que se podem apreciar diferenças notáveis na estratégia trófica de ovinos e caprinos. Os caprinos recusam as comunidades vegetais herbáceas (lameiros IP = 0,56, forragens IP = 0,83, prados pobres, IP = 0,71). E demonstram uma forte preferência por silvas (IP = 9,70) e por freixo (IP = 6,13). A elevada preferência também demonstrada pelos ovinos pelas silvas (IP = 5,64) relaciona-se com a qualidade desta espécie. Os ovinos não consomem o freixo e as restantes classes de lenhosas são recusadas, *Cytisus multiflorum* (IP = 0,82) e *Genista* (IP = 0,79). Relativamente à preferência pelos recursos herbáceos, nota-se uma diferença clara entre ovinos e caprinos, com uma relação negativa dos caprinos frente às herbáceas, este padrão também foi observado por [22]. Por outro lado, no caso dos ovinos observa-se também uma discriminação positiva frente à qualidade, daí as diferenças de preferência entre lameiros e prados pobres (IP de 0,99 a 0,88).

Nos recursos do grupo III, o carvalho é preferido por ambas às espécies (IP = 4,57 e 2,75, para caprinos e ovinos respectivamente), *Cytisus scoparius* é um recurso que é preferido por caprinos (IP = 1,21) e indiferente

para os ovinos (IP = 1,03). O *Halimium* não é consumido pelas ovelhas mais é preferido pelas cabras (IP = 4,32). Os recursos do Grupo IV apenas surgem disponíveis para caprinos.

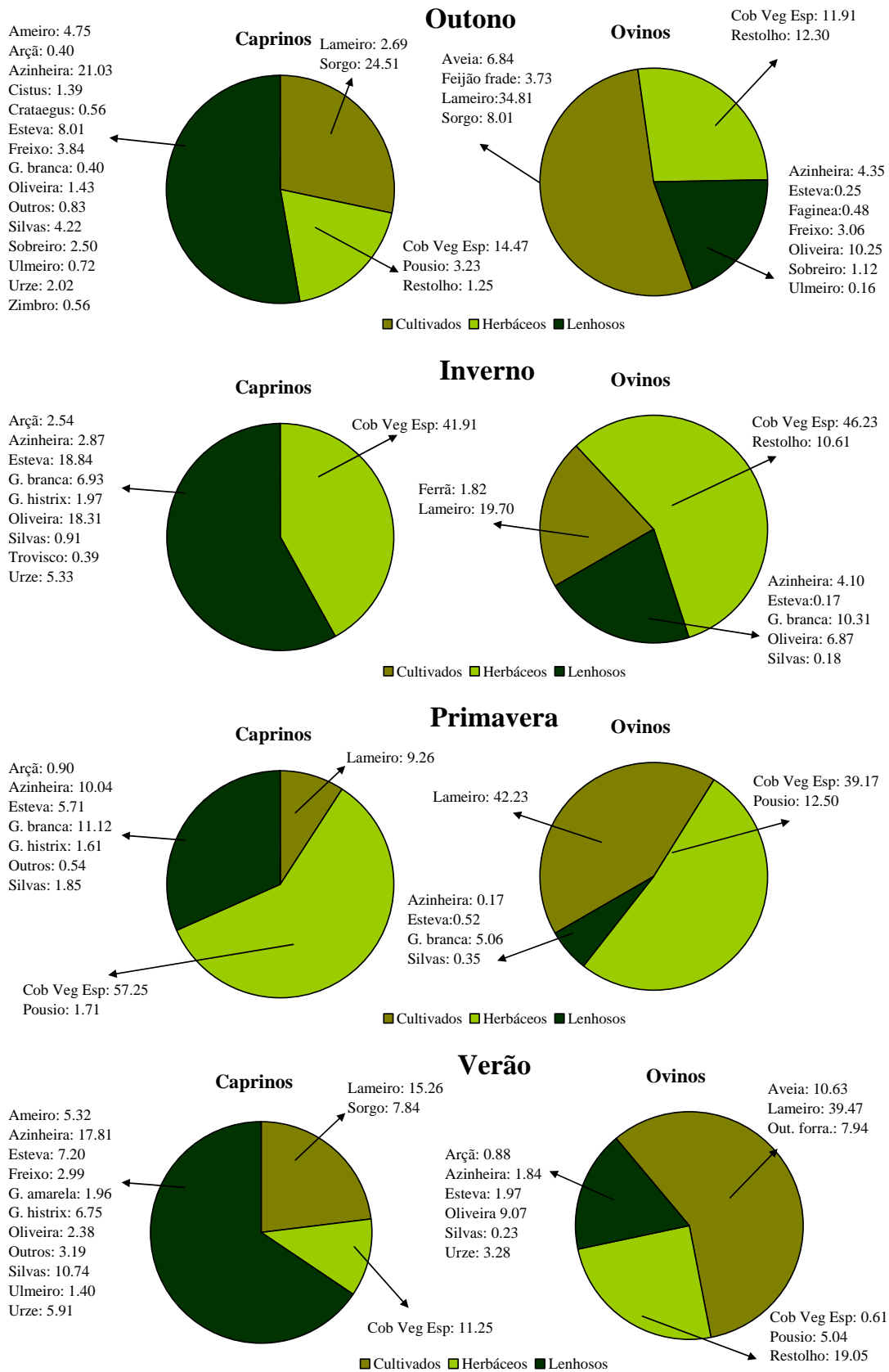


Figura 1. Nível de recursos cultivados, herbáceos e lenhosos presente nas dietas de caprinos e ovinos durante o ano.

## 4 Considerações finais

O regime alimentar dos ovinos e caprinos em estudo apresenta uma pauta de dominância de recursos herbáceos para os primeiros e recursos lenhosos para os segundos, apenas contrariada na primavera, no caso dos caprinos; os nossos resultados estão de acordo com o verificado por vários autores [19,18,23,24].

Ovinos e caprinos possuem estratégias tróficas diferentes, os primeiros evidenciam um comportamento pastador enquanto que os segundos apresentam uma estratégia mista oportunista. Também a relação dos pequenos ruminantes com o seu território parece indicar que os caprinos se relacionam preferencialmente com os habitats florestais enquanto que os ovinos com os agrícolas, este padrão já foi anteriormente descrito por vários autores [20, 25, 13].

A avaliação da preferência reforça as conclusões do estudo relativo às dietas, pondo em evidência a forte apetência dos caprinos por recursos lenhosos e a sua capacidade para a realização da limpeza biológica das florestas.

### Referências

- [1] Mancilla-Leytón, J.M., C. Parejo Farnés & A. Martín Vicente. 2012. Selection of browse species and energy balance of goats grazing on forest understory vegetation in Doñana Natural Park (SW Spain). *Livestock Science* 148: 237–242.
- [2] Vélez Muñoz, R. 2007. *Experiences in Spain of Community Based Fire Management*. Wildfire 2007. 4th International Wildland Fire Conference, Sevilla, 11pp.
- [3] Pausas, J.G. 2004. Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin). *Climatic Change* 63:337-350.
- [4] Moreira, F., F. C. Rego & P. G. Ferreira. 2001. Temporal (1958-1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for re occurrence. *Landscape Ecology* 16 (6):557-567.
- [5] Varela-Redondo, E, J. Calatrava-Requena, J. Ruiz-Mirazo, R. Jiménez-Piano & J.L. González-Rebollar. 2008. El pastoreo en la prevención de incendios forestales: análisis comparado de costes evitados frente a medios mecánicos de desbroce de la vegetación. El pastoreo y la prevención de incendios La cabra de Guadarrama. *Pequeños Rumiantes, Sociedad española de ovinotecnia y caprinotecnia* 9 (3):12-20.
- [6] Martínez-Martínez, A., U. García-Prieto, V. García-Prieto & M. Fernández de Sousa. 2011. Actuaciones complementarias a los desbroces y quemas controladas. *Tecnología Agroalimentaria* 9: 25-30.
- [7] Rigueiro-Rodríguez, A., M.R. Mosquera-Losada, R. Romero-Franco, M.P. González-Hernández, J. Villarino-Urtiaga & M.L. López-Díaz. 2005. 25 años de investigación en Galicia sobre sistemas silvopastorales en prevención de incendios forestales. Conferencia Internacional sobre Estrategias de Prevención de Incendios en el Sur de Europa. Barcelona.
- [8] Bénédicte, B., L. K Kmiec & M. Étienne. 2006. *Une coupure de combustible en Luberon. Bilan de douze ans de suivis pastoralistes, DFCI et environnementaux*. Réseau Coupures de combustible. Éd. de la Cardère Morières, 104 p.
- [9] Xanthopoulos, G., D. Caballero, M. Galante, D. Alexandrian, E. Rigolot & R. Marzano. 2006. *Forest Fuels Management in Europe*. In: P.L. Andrews, B.W. & Butler (eds.), Fuels Management-How to Measure Success: Conference Proceedings, Portland, p.29-46.
- [10] Castro, M., J. Castro & A.G. Sal. 2009. Efeito da Pastorícia Tradicional na Redução de Combustíveis Finos em Bosques de *Quercus pyrenaica*. *Silva Lusitanica* 17(2):159-169.
- [11] Varela, E., J. Calatrava, J. Ruiz-Mirazo, R. Jiménez & J.L. González-Rebollar. 2007. *Valoración económica del pastoreo en términos de costes evitados en labores de prevención de incendios forestales*. Wildfire2007 4ª Conferencia Internacional sobre incendios forestales, Sevilla, 11 pp.
- [12] Ruíz-Mirazo, J., A.B. Robles & J.L. González-Rebollar. 2009. Pastoralism in Natural Parks in Andalusia (Spain): a tool for fire prevention and naturalization of ecosystems. *Options mediterraneennes A* 91: 41-145.
- [13] Castro, Marina; Castro, José; Gómez Sal, Antonio (2004) - L'utilisation du territoire par les petits ruminants dans la région de montagne de Trás-os-Montes, au Portugal. *Options Mediterraneennes*. Série A. ISSN 1016-121X. 61, p. 249-254
- [14] Hofmann, R. R. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78:443-457.

- [15] Pietrosemoli, S., F. Arenas, D. Bermudez, O. Peley, & A. Casanova. 2005. Goat preference of five legumes. *Journal Animal Science* 83 (1):277.
- [16] Green, L. R. & L.A. Newell. 1982. *Using goats to control brush regrowth on fuelbreaks*. Pac. Southwest For. and Range Exp. Sta. Gen. Tech. Rep. PSW-59. 13 pp.
- [17] Rook, A.J., M. Petit, J. Isselstein, K. Osoro, M.F. WallisDeVries, G. Parente & J. Mills. 2004. Effects of livestock breed and stocking rate on sustainable grazing systems: 1. Project description and synthesis of results. *Grassland Science in Europe* 9: 572-574.
- [18] Mellado, M., R. Valdez, L. M. Lara, & R. Lopez. 2003. Stocking rate effects on goats: A research observation. *Journal Range Management* 56:167-173.
- [19] Ruíz-Mirazo, J., A.B. Robles & J.L. Gonzalez-Rebollar. 2011. Two-year evaluation of fuelbreaks grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain). *Agriculture Ecosystems & Environment* 141(1-2):13-22.
- [20] Castro, M. J.F. Castro 2003. *Ocupação tradicional do território e os novos modelos de utilização do espaço*. In V Colóquio Hispano-Português de Estudos Rurais: Futuro dos Territórios Rurais numa Europa Alargada. Bragança.
- [21] Rego, F. C. 1993. Trees and shrubs as food for grazing animals in Portugal. Pages 45- 51 in Agricultural, Agrimed Research Programme. Commission of the European Communities, EUR 11 459.
- [22] Bartolomé, J., Franch, J., Plaixats, J., & Seligman, N. G. 1998. Diet selection by sheep and goats on Mediterranean heath-woodland range. *Journal Range Management*. 51:383-391
- [23] Narvaez, N., A. Broshb, W. Pittroff 2012. Use of n-alkanes to estimate seasonal diet composition and intake of sheep and goats grazing in California chaparral. *Small Ruminant Research* 104:129-138
- [24] Bourbouze, A. et Donadieu, P. (éds) (1987). *L'Élevage sur Parcours en Régions Méditerranéennes. Options Méditerranéennes, Série Etudes, 1987/II*. CIHEAM-IAMM, Montpellier.
- [25] Castro, M. 2004. *Análisis de la interacción vegetación-herbívoro en sistemas silvopastorales basados en Quercus pyrenaica*. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá de Henares. Tese de Doutoramento

## **Estimação da concentração e do transporte de sedimentos em suspensão em cursos de água de montanha: um estudo preliminar na Ilha da Madeira**

Luiz Guerreiro Lopes<sup>1,2,3</sup> & Raquel Ladeira Lobo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CIMO - Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, Ap. 1172, 5301-854 Bragança, Portugal

<sup>2</sup>ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Universidade de Évora, Núcleo da Mitra, Ap. 94, 7002-554 Évora, Portugal

<sup>3</sup>Centro de Ciências Exactas e da Engenharia, Universidade da Madeira, Campus Universitário da Penteada, 9000-390 Funchal, Portugal

<sup>4</sup>Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade da Madeira, Campus Universitário da Penteada, 9000-390 Funchal, Portugal

lopes@uma.pt

*Resumo* – O principal objectivo deste estudo foi o de verificar a aplicabilidade, às ribeiras da Ilha da Madeira, de técnicas indirectas de estimação do caudal e da concentração de sedimentos em suspensão e do seu emprego no cálculo do transporte sólido em suspensão nessas pequenas bacias de montanha. Neste trabalho, é dada particular ênfase ao emprego do método da diluição química na determinação indirecta do caudal e à estimação da concentração de sedimentos em suspensão a partir de dados de turbidez da água, sendo sucintamente descritos os trabalhos de campo e em laboratório efectuados, bem como apresentados os resultados da campanha de medições da condutividade eléctrica e da turbidez da água realizada na Ribeira Seca do Faial, na vertente norte da ilha, que, pese embora a sua grande limitação em termos temporais e espaciais, possibilitou confirmar a aplicabilidade dos métodos indirectos de medição utilizados.

*Palavras-chave:* Rios de montanha, concentração de sedimentos em suspensão, transporte sedimentar, turbidez, condutividade eléctrica, Ilha da Madeira.

### **1 Introdução**

Em regiões de montanha, a ocorrência de eventos hidrometeorológicos extremos, nomeadamente precipitações intensas e cheias repentinas, pode ter um impacto significativo sobre o meio ambiente e a paisagem [1], com eventuais consequências catastróficas sobre as comunidades e populações afectadas [2, 3].

Os processos erosivos superficiais originados pelo escoamento de águas pluviais, muitas vezes intensificados pelo mau uso do solo, nomeadamente em regiões montanhosas [1], caracterizadas por fortes declives longitudinais e acentuada verticalidade das vertentes, bem como a desagregação dos solos e os eventuais deslizamentos de terras provocados pela acção de precipitações mais intensas sobre essas vertentes, são directamente responsáveis pelo aumento da carga sólida nas linhas de água principais e secundárias.

Além da acção directa reflectida na erosão pluvial, a ocorrência de precipitação manifesta-se indirectamente pela erosão fluvial, uma vez que leva a um aumento dos caudais, sendo a acção mecânica da água sobre as margens e o leito, mais notável nas situações de cheia, igualmente responsável pelo aumento da carga sólida transportada por esses cursos de água.

Como destacado por Lenzi [4], as variações temporais e espaciais da concentração de sedimentos em suspensão nos rios e cursos de água de montanha são tipicamente muito acentuadas, sendo as alterações da concentração ao longo do tempo fortemente dependentes das variações de caudal.

Em muitas regiões, como no caso da Ilha da Madeira, a escassez ou mesmo falta de medições directas de caudal leva à utilização de dados de precipitação para a sua estimação [5]. No entanto, em zonas de montanha, a distribuição da precipitação é altamente influenciada pela direcção e intensidade do vento e pela acidentada topografia, o que tem fortes implicações na estimação da precipitação sobre as bacias hidrográficas em estudo

[6], ainda mais tendo em conta a usual inexistência de radares meteorológicos e a baixa densidade espacial das estações meteorológicas e postos udométricos frequentemente observada nessas regiões [7].

Este é claramente o caso da Ilha da Madeira, cuja complexa topografia, caracterizada por vales profundos e altas montanhas, com vertentes muito íngremes, induz distintos padrões de distribuição espacial da precipitação em função dos ventos locais dominantes, estando os ventos mais intensos frequentemente associados aos eventos de precipitação, o que torna ainda mais incerta tal estimação.

Além disso, os cursos de água de montanha da ilha têm um regime sazonal, de carácter torrencial, com caudais mais elevados durante os meses de Outubro a Março/Abril [8] e baixos caudais durante o resto do ano, em especial no período de Junho a Agosto.

Sendo assim, nesses cursos de água com acentuados declives, é conveniente recorrer a uma técnica de estimação do caudal passível de ser empregue mesmo sob condições hidrometeorológicas mais desfavoráveis, o que leva a ponderar o emprego de traçadores, nomeadamente químicos, para tal estimação. Na escolha do traçador a ser utilizado, é natural a opção pelo usual sal de cozinha, cloreto de sódio, devido ao seu baixo preço, facilidade de obtenção, não nocividade ao ambiente e custo relativamente acessível do equipamento necessário para a aplicação do método da diluição química para a determinação indirecta do caudal [9, 10].

Por outro lado, as técnicas sedimentométricas empregues nos rios de planície, baseadas no uso de amostradores de sedimentos em suspensão manuais ou automáticos [11, 12], não são as mais indicadas para cursos de água de carácter torrencial, sendo mesmo impraticáveis sob condições hidrológicas adversas.

No entanto, o aumento da carga sólida em suspensão num curso de água, em decorrência da conjugação da erosão fluvial e pluvial, provoca um aumento correspondente da turbidez [13, 14], propriedade física que se traduz na redução da transparência da água devido à interferência na passagem da luz através da água resultante da presença de materiais em suspensão. Tal constatação leva naturalmente à consideração do uso de medições de turbidez da água na estimação da concentração dos sedimentos em suspensão nos cursos de água de montanha [15], nos quais pode ser inviável a sua medição directa.

Assim, o principal objectivo deste estudo, de carácter preliminar, foi verificar e confirmar a aplicabilidade, às ribeiras da Ilha da Madeira, das técnicas indirectas de estimação do caudal e da concentração dos sedimentos em suspensão antes referidas e do seu emprego no cálculo do transporte de sedimentos em suspensão, tendo sido para tal escolhida uma ribeira com características típicas dos cursos de água de montanha da ilha.

## **2 Material e métodos**

A bacia hidrográfica em estudo localiza-se na Ilha da Madeira, região de origem vulcânica situada no Oceano Atlântico Nordeste, com complexa topografia, caracterizada por altas montanhas, vales profundos e vertentes muito íngremes, com 90% da superfície da ilha localizada acima dos 500 m e um terço da mesma acima dos 1.000 m [16], sendo constituída principalmente por rochas basálticas e formações sedimentares [17].

As bacias hidrográficas da ilha possuem áreas de drenagem relativamente pequenas, com linhas de água principais com uma extensão média de cerca de 10 km e desníveis acentuados, superiores a 1.400 m de montante a jusante [18], o que dá origem a escoamentos fluviais de regime turbulento e de carácter torrencial.

O local exacto onde foi realizada a campanha de medições da turbidez e da condutividade eléctrica da água situa-se na Ribeira Seca, curso de água incluído na bacia hidrográfica da Ribeira do Faial, na vertente norte da ilha, num ponto com coordenadas geográficas aproximadas de 32°45'44,9" de latitude N e 16°52'38,7" de longitude W.

A escolha do local adequado para a realização da campanha de medições envolveu uma selecção prévia das áreas e ribeiras de potencial interesse, com base numa análise cartográfica e no conhecimento de campo da região, seguida de uma inspecção cuidadosa das ribeiras seleccionadas, objectivando identificar, em cada uma delas, os pontos mais favoráveis para a realização de medições e colheita de amostras de sedimentos, tendo em conta critérios de natureza técnica e de segurança previamente estabelecidos.

Foi ainda necessário, durante essas vistorias, averiguar as condições actuais dos troços potencialmente mais adequados para a realização deste estudo, uma vez que praticamente todas as ribeiras da Ilha da Madeira estão com as suas características naturais alteradas em consequência da intempérie de 20 de Fevereiro de 2010 [19] e dos subsequentes trabalhos de limpeza e de remoção de entulhos e materiais lenhosos realizados principalmente mais a montante das mesmas e, em alguns casos, da execução de obras de regularização e canalização, com o revestimento do fundo e a construção de muralhas em betão ciclópico.

Os principais factores considerados na escolha do local de estudo, que conduziram à selecção da Ribeira Seca do Faial, foram a facilidade de acesso ao leito da ribeira, as condições de segurança para a permanência junto ao ponto de medição, em especial sob condições hidrometeorológicas adversas, a inexistência de vegetação e de detritos lenhosos na zona de escoamento, bem como a preservação das características naturais do curso de água e a sua morfologia, tendo em conta ser necessário um canal com largura não muito acentuada e com a presença de zonas de estreitamento para a correcta aplicação da metodologia empregue na estimação do caudal.

O acompanhamento das previsões do tempo e das imagens adquiridas pelo satélite Meteosat-9 levou à escolha dos dias 5 a 7 de Outubro de 2010 para a realização do trabalho de campo, tendo em conta a aproximação de uma frente com características que faziam prever a ocorrência de precipitações com alguma intensidade e duração não muito longa, concentrada principalmente no dia 6 daquele mês, embora a precipitação efectiva posteriormente registada nas estações meteorológicas do Instituto de Meteorologia e nos postos udométricos mantidos pelo Laboratório Regional de Engenharia Civil situados na envolvente do local de estudo tenha sido inferior à esperada, indicando ter, entretanto, ocorrido um significativo enfraquecimento e dissipação da banda de precipitação associada àquela frente.

A instalação dos equipamentos no local de medição foi feita de modo a posicionar e fixar os sensores no interior da água, num local relativamente protegido de eventuais danos provocados por rochas ou detritos lenhosos no caso de um rápido aumento de caudal e o mais próximo possível do centro da zona de escoamento, onde fosse mínima a formação de bolhas de ar para não influir nas medições de condutividade eléctrica e sem a incidência directa da luz solar sobre o sensor de turbidez, o que poderia acarretar erros nas medições.

A estimação do caudal foi feita pelo método da diluição química, com a injeção de uma massa conhecida do traçador previamente diluída em água da ribeira e o registo da condutividade eléctrica da água durante a passagem da nuvem salina num ponto a jusante, sendo o caudal obtido pela integração da área sob a curva da concentração de sal [20, 21].

Sendo constante o intervalo de tempo entre as medições, o caudal pode ser calculado por meio da equação

$$Q = M / [CF (\Sigma EC_t - n EC_0) \Delta t] \quad (1)$$

onde  $Q$  é o caudal líquido em l/s,  $M$  é massa de sal, em gramas, injectada no curso de água,  $CF$  é factor de concentração, isto é, a declividade da recta ajustada aos dados experimentais de condutividade vs. concentração de sal,  $\Delta t$  é o intervalo de tempo, em s, entre as diversas leituras de condutividade,  $\Sigma EC_t$  é a somatória dos valores de condutividade, em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , registados desde a injeção do sal no curso de água até a completa passagem da nuvem salina,  $n$  é o número de leituras realizadas durante esse intervalo de tempo e  $EC_0$  é a condutividade de base, em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  [22].

Para tal, foi empregue um condutímetro portátil WTW Cond 3310, previamente calibrado, com um sensor de condutividade TetraCon 325. Este instrumento possui uma tripla escala (0,00 a 1000 mS/cm, 0,000 a 1,999  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 0,00 a 19,99  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e compensação não linear de temperatura, sendo capaz de armazenar 5000 registos, com um intervalo de amostragem variável de 1 s a 60 min. Uma balança electrónica portátil ProScale XC 2000, com capacidade de 2000 g e precisão de 0,1 g, foi utilizada durante o trabalho de campo para a pesagem do sal de cozinha (NaCl), escolhido como traçador.

A existência de piscinas naturais a montante e a jusante do troço escolhido impediu um maior distanciamento entre os locais de despejo da solução salina e de medição. No entanto, embora a distância ideal entre esses pontos seja da ordem de 20 a 25 vezes a largura do canal [23, 24], em muitos casos um afastamento de aproximadamente dez vezes é suficiente para a obtenção de resultados confiáveis com o emprego da técnica da diluição de sal descrita por Hudson e Fraser [20]. Este requisito foi plenamente satisfeito no presente estudo, sendo a distância, neste caso, de cerca de 20 m.

A quantificação indirecta da concentração de sedimentos em suspensão a partir de medições da turbidez da água foi efectuada pelo método descrito por Minella et al. [15]. As medições da turbidez da água foram realizadas com recurso a um turbidímetro McVan Analite NEP 160, com um sensor NEP 260, capaz de medir a quantidade de material sólido em suspensão a partir da luz dispersa num ângulo de 90° em relação a um feixe de luz incidente, em conformidade com a norma ISO 7027.

O equipamento utilizado permite realizar medições de turbidez na faixa de 0 a 3000 NTU, suficiente para a determinação da turbidez da água nas ribeiras da Ilha da Madeira, excepto no caso de eventos hidrológicos extremos, uma vez que medições de turbidez acima dos 3000 NTU correspondem a cargas de sedimentos tão elevadas que tornam difícil a quantificação indirecta da sua concentração pelo método de estimação adoptado, que tem sido utilizado com sucesso em muitos outros estudos, como, por exemplo, [13], [14] e [25].

Durante o período de estudo, as medições de turbidez e de condutividade eléctrica foram realizadas de forma alternada, de modo a que a presença da nuvem de sal decorrente da aplicação do método da diluição química não provocasse a alteração da turbidez da água, tendo sido efectuadas oito medições de turbidez, cinco delas no dia 6 de Outubro e três no dia 7, além de uma medição preliminar, feita no dia 5 do mesmo mês.

O número bastante reduzido de medições deveu-se à falta de equipamento de suporte eléctrico, capaz de garantir a recarga das baterias e a alimentação dos equipamentos, bem como à ausência dos meios necessários para assegurar a correcta protecção dos materiais e equipamentos utilizados e permitir a continuidade dos trabalhos durante o período nocturno sob condições ambientais adversas.

O transporte de sedimentos em suspensão foi calculado como resultado do produto da descarga instantânea de água pela correspondente concentração instantânea de sedimentos em suspensão, multiplicado por um factor de conversão de unidades empírico [26],

$$F_i = 3,6 Q_i CSS_i \quad (2)$$

onde  $F_i$  é a carga sedimentar transportada em suspensão, em ton/h,  $Q_i$  é o caudal líquido instantâneo, em m<sup>3</sup>/s, e  $CSS_i$  é a concentração instantânea de sedimentos em suspensão, em g/l.

### 3 Resultados e discussão

A correspondência aproximadamente linear experimentalmente estabelecida entre a concentração de sedimentos e a turbidez média das suspensões preparadas com sedimentos finos extraídos da Ribeira Seca do Faial é mostrada graficamente na Fig. 1, na qual também pode ser vista a equação da recta de regressão linear obtida,

$$CSS = 0,0027 TM + 0,4146 \quad (3)$$

onde CSS é a concentração, em g/l, dos sedimentos em suspensão e TM é a turbidez média em NTU, sendo o correspondente coeficiente de determinação,  $R^2$ , igual a 0,9916.

A relação entre os valores de turbidez medidos na Ribeira Seca e as correspondentes concentrações de sedimentos em suspensão estimadas a partir da relação linear expressa pela Eq. 3, é mostrada graficamente na Fig. 2, sendo notório o aumento da concentração estimada de sedimentos em suspensão em decorrência da precipitação ocorrida sobre a bacia hidrográfica do Faial no dia 6 de Outubro, concentrada principalmente no período das 16h00 às 20h00, como indicam os valores de precipitação registados nas estações do Instituto de Meteorologia situadas na envolvente do local de estudo, apresentados na Tabela 1.

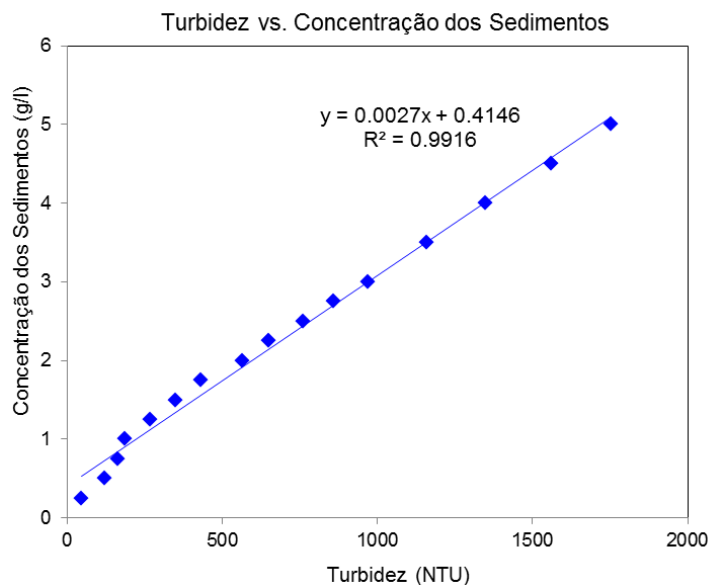


Fig. 1 – Relação entre a turbidez e a concentração de sedimentos em suspensão em amostras sintéticas preparadas com sedimentos extraídos da Ribeira Seca.

A relação estabelecida entre a concentração de sal em amostras sintéticas preparadas com água da ribeira em estudo e a sua condutividade eléctrica é mostrada graficamente na Fig. 3, na qual é possível observar a existência de uma relação quase perfeitamente linear entre as variáveis.

A equação da recta de regressão obtida é dada por:

$$c = 0,0005 EC - 0,1144 \quad (4)$$

onde  $c$  é a concentração de sal na água, em g/l, e  $EC$  é a condutividade eléctrica medida, em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo esta regressão estatisticamente significativa, com coeficiente de determinação  $R^2 = 0,9998$ .

A declividade da recta de regressão, igual a 0,0005, corresponde ao factor de concentração  $CF$ , necessário para o cálculo do caudal.

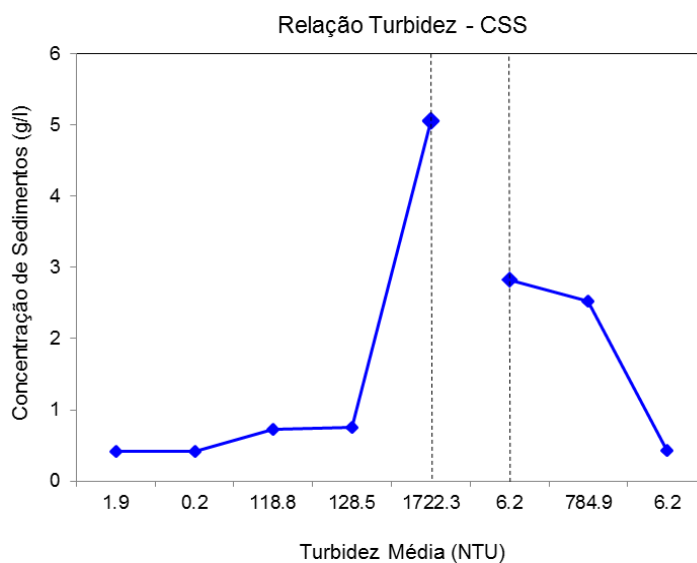


Fig. 2 – Relação entre a turbidez da água na Ribeira Seca e a correspondente concentração de sedimentos em suspensão.

Tabela 1 – Precipitação horária registada no dia 06/10/2010 nas estações de interesse.

Hora	Precipitação horária (mm)			
	Canical	Santo da Serra	Santana	São Jorge
00:00	0	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
12:00	0	0	0	0
13:00	0	0	0	0,3
14:00	–	0	0	0
15:00	0	0	0	0
16:00	0	0,7	6,0	1,3
17:00	0,9	0,3	2,9	0,9
18:00	0,8	5,5	4,1	3,1
19:00	2,5	0,8	4,4	4,1
20:00	0,2	0,2	0	0,1
21:00	0	0	0	0
22:00	0	0	0,1	0
23:00	0	0	0	0
Total	4,4	7,5	17,5	9,8

Os caudais estimados pelo método da diluição química [20, 21] são apresentados na Tabela 2, estando nela também indicada a massa de sal injectada no curso de água em estudo e o intervalo de amostragem.

A análise da variação dos caudais assim estimados, tendo por base os dados de precipitação registados nos dias 6 e 7 de Outubro de 2010 nas estações meteorológicas e nos postos udométricos de interesse, mostra um acentuado aumento do escoamento em resposta à ocorrência de precipitação, nomeadamente no já mencionado período compreendido entre as 16h00 e as 20h00 do dia 6 de Outubro, bem como a gradual diminuição do caudal após o fim da precipitação na manhã seguinte. Tendo em conta o concomitante aumento do caudal, antes referido, conclui-se que houve um significativo aumento do transporte de sedimentos em suspensão durante o período considerado.

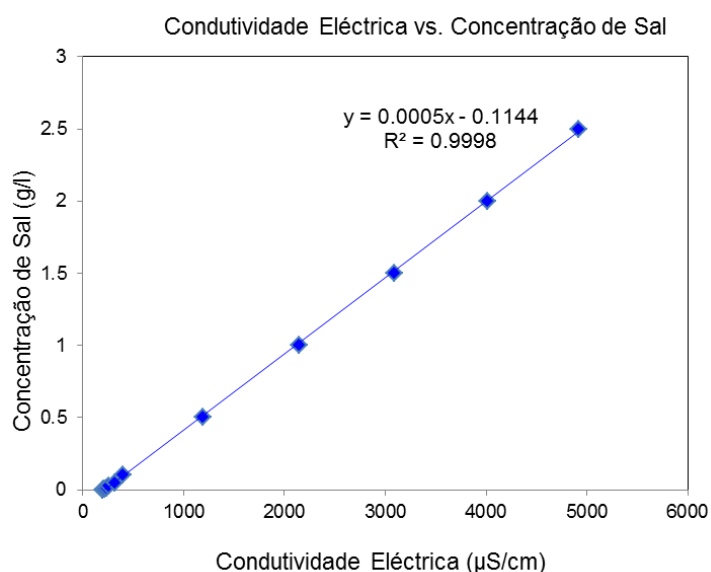


Fig. 3 – Relação entre a condutividade eléctrica e a concentração de sal na água em amostras sintéticas preparadas com água proveniente da Ribeira Seca.

Tabela 2 – Massas de sal injectadas, intervalos de amostragem e caudais estimados.

Data / Hora	Massa de sal (g)	$\Delta t$ (s)	Caudal estimado (l/s)
05-10-2010 / 19:12	250	1	13,3
06-10-2010 / 18:53	500	1	50,1
06-10-2010 / 19:18	500	1	53,1
07-10-2010 / 11:41	250	1	51,6
07-10-2010 / 16:07	250	1	43,1

A Tabela 3 contém os caudais e as concentrações de sedimentos em suspensão indirectamente medidos, os caudais obtidos por interpolação linear a partir daqueles valores para os horários em que foram efectuadas as medições de turbidez da água para estimação da concentração de sedimentos em suspensão, bem como as correspondentes estimativas da carga sedimentar transportada em suspensão.

Tabela 3 – Caudais, concentrações de sedimentos em suspensão e cargas sedimentares transportadas durante a campanha de medições, estimados a partir das medições indirectas efectuadas.

Data / Hora	Caudal (l/s)	Caudal (interpol.) (l/s)	CSS (g/l)	Carga sedim. transportada (kg/h)
05-10-2010 / 19:12	13,3	–	–	–
06-10-2010 / 13:25	–	–	0,41	–
06-10-2010 / 17:46	–	(13,3)	0,42	20,0
06-10-2010 / 18:29	–	–	0,73	–
06-10-2010 / 18:53	50,1	–	–	–
06-10-2010 / 19:12	–	52,4	0,76	143,4
06-10-2010 / 19:18	53,1	–	–	–
06-10-2010 / 19:40	–	–	5,06	–
07-10-2010 / 11:37	–	–	2,83	–
07-10-2010 / 11:41	51,6	–	–	–
07-10-2010 / 12:00	–	51,0	2,53	465,0
07-10-2010 / 15:44	–	43,9	0,43	68,0
07-10-2010 / 16:07	43,1	–	–	–

É interessante observar que após o término da chuva, no final da manhã do terceiro dia de medições, a concentração estimada de sedimentos em suspensão já havia retornado praticamente ao seu valor inicial, da ordem de 0,4 g/l, calculado a partir das medições de turbidez da água efectuadas antes da ocorrência de precipitação, período este demarcado, na Tabela 3, pela linha horizontal tracejada.

Assumiu-se aqui que o valor do caudal inicialmente medido, de 13,3 l/s, não diminuiu de forma significativa, mantendo-se praticamente o mesmo até ao início da precipitação no dia 6 de Outubro, valor este indicado entre parênteses na terceira coluna da Tabela 3.

Por meio da interpolação linear dos valores de caudal medidos indirectamente às 18h53 e às 19h18, chega-se a um valor de caudal de 52,4 l/s às 19h12, o que permite estimar que a taxa de transporte de sedimentos em suspensão aquando da correspondente medição da turbidez da água havia aumentando para

cerca de 143,4 kg/h. Da mesma forma, a partir dos valores de caudal para as 11h41 e as 16h07 do dia 7 de Outubro, obtém-se, por interpolação linear, os valores de caudal de 51,0 l/s e 43,9 l/s às 12h00 e às 15h44 desse dia, respectivamente. Utilizando a Eq. 1 com estes valores de caudal obtidos por interpolação e com os correspondentes valores estimados de concentração de sedimentos em suspensão, obtém-se as taxas de transporte de sedimentos apresentadas na última coluna da Tabela 3.

Embora as medições de condutividade eléctrica para a estimação do caudal e as medições da turbidez da água para a estimação da concentração de sedimentos em suspensão não tenham sido realizadas de forma simultânea, como seria desejável, devido a dificuldades operacionais e às limitações de memória e problemas na transferência de dados do condutímetro para o computador detectados durante o trabalho de campo, foi possível, por meio da interpolação dos dados de caudal e de concentração de sedimentos em suspensão sumarizados na Tabela 3, obter uma ideia bastante razoável da ordem de grandeza do transporte de sedimentos em suspensão na Ribeira Seca do Faial durante o período de realização dos trabalhos de campo.

#### 4 Conclusões

Embora a campanha de medições realizada na bacia da Ribeira Seca do Faial, devido às suas grandes limitações em termos temporais e espaciais, não tenha possibilitado chegar a uma conclusão mais representativa sobre o transporte de sedimentos em suspensão na bacia em estudo, o trabalho realizado permitiu dominar e avaliar as metodologias e técnicas, tanto laboratoriais quanto de campo, empregues neste tipo de estudo.

Observou-se uma boa correlação linear positiva entre a turbidez e a concentração dos sedimentos em suspensão. No entanto, os resultados obtidos em laboratório indicam que as medidas contínuas de turbidez da água efectuadas quando as cargas sedimentares são elevadas, com concentrações acima de 3.500 mg/l, podem apresentar variações mais acentuadas devido à distribuição não tão homogénea dos sedimentos na água.

Relativamente à estimação do caudal, neste caso feita com base em medições da condutividade eléctrica da água, constatou-se ser esta estimação fortemente dependente das características da linha de água, nomeadamente da rugosidade e sinuosidade do canal, da presença de plantas e detritos lenhosos, bem como da turbulência da água no local de medição.

O transporte de sedimentos em suspensão, obtido a partir das medições indirectas do caudal e da concentração de sedimentos em suspensão, apresentou uma variação da ordem de 0,4 ton/h, explicada pelas alterações do caudal e do poder erosivo e capacidade de arrasto de sedimentos das águas superficiais, em decorrência das variações da intensidade da precipitação observadas durante o evento monitorizado.

Os resultados obtidos indicam que o transporte de sedimentos em suspensão, nomeadamente em bacias de montanha, onde a medição directa da quantidade de sedimentos transportados é de elevado risco ou mesmo inviável durante eventos hidrológicos extremos, pode ser avaliado com razoável exactidão a partir da concentração dos sedimentos em suspensão estimada por meio da medição da turbidez nesses cursos de água.

No entanto, tendo em conta o elevado preço dos turbidímetros comerciais, bem como a sua baixa autonomia e pequena capacidade de armazenamento de dados, além do elevado risco de danos ou perda do equipamento nas bacias de montanha em condições hidrológicas adversas, torna-se interessante o emprego, para tal, de um conjunto de turbidímetros de baixo custo, instalados ao longo de diversas linhas de água, capazes de operar e de registar os dados de turbidez durante longos períodos de tempo, idealmente superiores a um mês, como o turbidímetro experimental desenvolvido com essa finalidade por Gonçalves et al. [27].

#### Referências

- [1] Beniston, M. 2000. *Environmental change in mountains and uplands*. Arnold, London.
- [2] Bacchi, B. & V. Villi. 2005. Runoff and floods in the Alps: an overview. In: de Jong, C., Collins, D. & Ranzi, R. (eds.), *Climate and hydrology in mountain areas*, Wiley, Chichester, UK, p. 217-220.
- [3] Woo, M.-K. & J.A.A. Jones. 2002. Coping with hydrological extremes. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 7(3): 201-202.

- [4] Lenzi, M.A. 2000. Variation in suspended sediment concentration during floods in the instrumented catchment of the Rio Cordon. In: Lenzi, M.A. (ed.), *Dynamics of water and sediments in mountain basins*, Editoriale Bios, Cozenza, Italy, p. 53-67.
- [5] Beven, K.J. 2001. *Rainfall-runoff modelling: The primer*. Wiley, Chichester, UK.
- [6] Johansson, B. & D. Chen. 2005. Estimation of areal precipitation for runoff modelling using wind data: a case study in Sweden. *Climate Research* 29(1): 53-61.
- [7] Wohl, E. 2000. *Mountain rivers*. American Geophysical Union, Washington, DC.
- [8] Shahin, M. 2002. Hydrology and water resources of African islands. In: *Hydrology and water resources of Africa*, Kluwer, Dordrecht, p. 565-582.
- [9] Bolognesi, A., G. Gottardi & M. Maglionico. 2006. Discharge measurements in a small ungauged river: comparison between conventional current-meter and tracer dilution methods. In: Ferreira, R.M.L., Alves, E.C.T.L., Leal, J.G.A.B. & Cardoso, A.H. (eds.), *River Flow 2006: Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics*, Taylor & Francis, London, p. 1835-1842.
- [10] Moore, R.D. 2004. Introduction to salt dilution gauging for streamflow measurement: Part 1. *Streamline Watershed Management Bulletin* 7(4): 20-23.
- [11] Boiten, W. 2008. *Hydrometry*, 3.<sup>a</sup> ed. CRC Press/Balkema, Leiden.
- [12] Carvalho, N.O. 2008. *Hidrossedimentologia prática*, 2.<sup>a</sup> ed. Interciência, Rio de Janeiro.
- [13] Bakar, S., W.R. Ismail & Z.A. Rahaman. 2007. Suspended sediment concentration and turbidity relationship in two small catchments in Perlis, Malaysia. *Malaysian Journal of Civil Engineering* 19(2): 156-169.
- [14] Fenton, C. 2006. *Turbidity and suspended sediment yields, Freshwater Creek and Elk River operations report, hydrologic year 2005*. Redwood Community Action Agency, Humboldt Bay Water Quality Improvement Program, Contract SWRCB 03-212-551-0, Humboldt, CA, USA.
- [15] Minella, J.P.G., G.H. Merten, J.M. Reichert & R.T. Clarke. 2008. Estimating suspended sediment concentrations from turbidity measurements and the calibration problem. *Hydrological Processes* 22(12): 1819-1830.
- [16] Sziemer, P. 2000. *Madeira's natural history in a nutshell*. Francisco Ribeiro & Filhos, Funchal.
- [17] Carvalho, A.M.G. & J.M. Brandão. 1991. *Geologia do arquipélago da Madeira*. Museu Nacional de História Natural, Lisboa.
- [18] Valente, B. 2010. Temporal na ilha da Madeira – causas, consequências e formas mitigadoras dos danos. *Ingenium* 116: 44-48.
- [19] Fragoso, M., R.M. Trigo, J.G. Pinto, S. Lopes, A. Lopes, S. Ulbrich & C. Magro. 2012. The 20 February 2010 Madeira flash-floods: synoptic analysis and extreme rainfall assessment. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 12(3): 715-730.
- [20] Hudson, R. & J. Fraser. 2005. Introduction to salt dilution gauging for streamflow measurement, Part IV: the mass balance (or dry injection) method. *Streamline Watershed Management Bulletin* 9(1): 6-12.
- [21] Moore, R.D. 2005. Slug injection using salt in solution. *Streamline Watershed Management Bulletin* 8(2): 1-6.
- [22] Bortoluzzi, L.N. & O.V.Q. Fernandez. 2008. Medição da vazão líquida em pequenos cursos d'água de Marechal Cândido Rondon (PR). *Geografia Ensino & Pesquisa* 12(1): 4265-4275.
- [23] Day, T.J. 1977. Observed mixing lengths in mountain streams. *Journal of Hydrology* 35: 125-136.
- [24] Elder, K. & R. Kattelmann. 1990. Refinements in dilution gauging for mountain streams. In: Lang, H. & Musy, A. (eds.), *Hydrology in Mountainous Regions, I: Hydrological Measurements; the Water Cycle*. IAHS Press, Wallingford, UK, p. 247-254.
- [25] Christensen, V.G., P.P. Rasmussen & A.C. Ziegler. 2002. Comparison of estimated sediment loads using continuous turbidity measurements and regression analysis. In: Gray, J.R. & Glysson, G.D. (eds.) *Proceedings of the Federal Interagency Workshop on Turbidity and other Sediment Surrogates*, U.S. Geological Survey, Reston, VA, USA.
- [26] Mano V., J. Nemery, Ph. Belleudy & A. Poirel. 2009. Assessment of suspended sediment transport in four alpine watersheds (France): influence of the climatic regime. *Hydrological Processes* 23(5): 777-792.
- [27] Gonçalves, C. C., L. A. Gomes & L. G. Lopes. 2009. Low-cost continuous turbidity meter/recorder for suspended sediment monitoring in mountain streams. In: *Book of Abstracts of the International Conference on Ecohydrology and Climate Change – EcoHCC'09*, Polytechnic Institute of Tomar.

## Fatores moleculares da doença da “tinta” do castanheiro

Altino Choupina

CIMO-Centro de Investigação de Montanha

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança

Campus de Santa Apolónia - Apartado 1172 5301-855 Bragança

albracho@ipb.

**Resumo** – Na Região de Trás-os-Montes (nordeste de Portugal) a cultura do castanheiro, *Castanea sativa* Mill. é extremamente importante. A maior percentagem da perda de produção ocorre devido à doença da tinta do castanheiro, cujo agente causal é o oomiceta *Phytophthora cinnamomi*. Este oomiceta é também responsável pelo declínio de muitas outras espécies de vegetais no mundo. Grande parte das espécies de *Phytophthora* estudadas segrega elicinas, proteínas que podem induzir uma reação hipersensível (HR) e provocar resistência sistémica adquirida (SAR) em algumas espécies de plantas, que resulta na aquisição de imunidade, por parte do hospedeiro, contra uma variedade de agentes patogénicos. Proteínas envolvidas no mecanismo de infeção por *P. cinnamomi* foram identificadas pelo nosso grupo, no âmbito dos projetos Identificação, caracterização e papel de factores moleculares associados ao mecanismo de infeção de espécies de Fagaceae por *Phytophthora cinnamomi*, PTDC/AGR-AAM/67628/2006, financiado pela FCT; Combate à doença da tinta do castanheiro e outras culturas regionais por métodos moleculares, COMBATINTA/SP2.P11/02 - Interreg IIIA, financiado pelo FEDER. As proteínas referidas são: endo-1,3-beta-glucanase e exo-glucanase, responsáveis pela adesão, penetração e colonização do tecido hospedeiro; proteína inibidora de glucanases (GIP), responsável pela supressão das respostas de defesa do hospedeiro; proteína 1 indutora de necrose de *Phytophthora* (NPP1) e transglutaminase que induz respostas de defesa e de sintomas de doença. Estudos de RT-PCR demonstram que as elicinas de *P. cinnamomi* têm maior expressão em substratos tais como celulose e serrim de castanheiro. Os estudos de expressão destes genes na infeção *in vivo*, com linhas de células de *Castanea sativa*, revelam íntima relação entre a planta e o agente fito-patogénico que tem levado a coevolução de uma série de complexas estratégias de ataque e defesa. Para um agente patogénico colonizar um hospedeiro com êxito, ele deve desenvolver mecanismos quer para escapar à deteção ou, na falta deste, para subverter as respostas de defesa.

Palavras-chave: *Phytophthora cinnamomi*, *Castanea sativa*, RT-PCR, elicinas.

### 1 Introdução

A classe dos oomicetas forma uma das várias linhagens dentro do Reino Chromista que, evoluíram para um estilo de vida parasitária e, conseqüentemente, desenvolveram mecanismos alternativos de patogenicidade. Os oomicetas compartilham com muitos agentes patogénicos de plantas a exigência de um tecido vivo no hospedeiro, pelo menos, em parte do ciclo de infeção. Para estabelecer a infeção, esses agentes patogénicos devem fugir, suprimir ou manipular as defesas do hospedeiro. Devido às suas particulares características fisiológicas, não existem tratamentos eficazes contra doenças causadas por estes microrganismos. Para desenvolver tratamentos, contra *Phytophthora*, parece essencial compreender os mecanismos moleculares que determinam a interação entre as espécies de *Phytophthora* e as plantas hospedeiras.

*Phytophthora cinnamomi* Rands é um agente, destrutivo pertencente á classe dos oomicetas que infecta plantas hospedeiras, incluindo muitas florestais, ornamentais e frutíferas. Por exemplo, a doença da “tinta” de *Castanea sativa* Mill, uma das doenças mais devastadoras em *C. sativa* é causada por este oomiceta. Os sintomas mais comuns são a necrose com conseqüente redução no crescimento das raízes o que invariavelmente leva à morte das árvores.

*P. cinnamomi*, cujo ciclo de vida se desenvolve integralmente no solo, requer condições de solo húmidas e temperaturas quentes para ser ativo, mas os danos visíveis causados pela doença ocorrem com mais frequência no verão, quando as plantas estão numa situação de secura. Este agente patogénico pode crescer de forma saprófita no solo e persistir no solo ou em material vegetal infetado como clamidporos e, em menor extensão, como oósporos. É conhecida pela sua capacidade de sobreviver durante mais de 6 anos em solo húmido, e é

claro que a humidade é um fator essencial para o estabelecimento de propagação, e longevidade deste agente patogénico [1].

As técnicas de identificação e diagnóstico para *P. cinnamomi* requerem atenção de especialistas. Medidas preventivas de aplicação de produtos químicos são as formas típicas de controlo para este agente patogénico. Não há métodos de erradicação disponíveis.

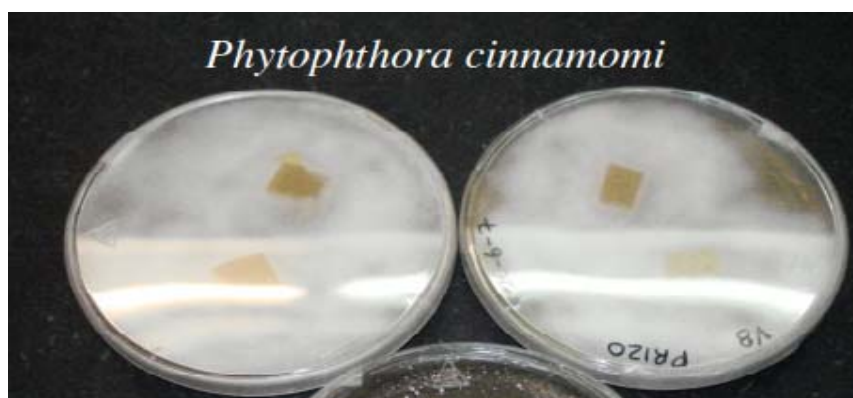


Figura 1. Culturas de *Phytophthora cinnamomi* em meio PDA.

Vários eventos celulares, tais como aderência à superfície do anfitrião, penetração e colonização do tecido hospedeiro, acontecem durante a infeção de plantas por oomicetas que também podem manipular processos bioquímicos e fisiológicos nas plantas hospedeiras através de um conjunto diversificado de moléculas, conhecidas como efetores [2, 3]. Em plantas suscetíveis, essas efetores podem promover a infeção por supressão de respostas de defesa, aumentando a suscetibilidade e os sintomas de doença. Nas plantas resistentes, a resposta de defesa eficaz conhecida como a resposta de hipersensibilidade (HR) restringe o agente patogénico a uma área definida [3-5]. Os efetores de *Phytophthora* que suprimem as respostas de defesa do hospedeiro foram descritos em vários patossistemas. A supressão das defesas do hospedeiro pode ocorrer através da produção de proteínas inibidoras de enzimas alvo.

As primeiras observações de que as plantas secretam proteínas inibidoras que se ligam e inativam hidrolases microbianas, especificamente a ligação de proteínas vegetais inibidores de poligalacturonase (PGIPs) para poligalacturonases fúngicas, estimularam a procura de proteínas inibidoras análogas de micróbios que podem inativar  $\beta$  (1,3) endoglucanases e quitinases da plantas hospedeiras [6]. Por exemplo a proteína inibidora de Glucanases (GIP), funciona como molécula defensiva que inibe a degradação de  $\beta$  (1,3) e (1,6) glucanos da parede celular do agente patogénico [5].

Os agentes patogénicos secretam endo- $\beta$  -1,4-glucanases, que hidrolisam uma gama de glucanos da parede celular das plantas. Os elicitores de  $\beta$  -1,3 -,  $\beta$  -1,6-glucano que são libertados durante o processo são percebidos pela planta, através de um recetor ligado à membrana e inicia-se uma cascata de sinalização que resulta no aumento da regulação de um conjunto de defesas da planta. Depois de identificadas as PGI's os estudos têm-se focado na sua caracterização bioquímica, dirigindo-se a características, tais como as propriedades de ligação e especificidade do ligando. A observação de que as proteínas se ligam fortemente às enzimas que degradam polissacarídeos da parede celular, em conjunto com vários conjuntos de dados de expressão, sugere que elas são suscetíveis de influenciar as interações planta-agente patogénico. No entanto, o seu significado biológico não foi ainda estabelecido. Muitas questões permanecem igualmente ao nível molecular, tais como a identidade dos domínios e resíduos chave dos inibidores de proteínas que contribuem para a especificidade de reconhecimento e ligação.

Na nossa investigação identificamos genes envolvidos na resposta de defesa do castanheiro contra o stress biótico causado por *P. cinnamomi* e elucidamos a função desses efetores moleculares: GIP - proteína inibidora de glucanases ; NPPI - proteína indutora de necrosis em *Phytophthora*; beta(1,3) - endo-glucanase - adesão,

penetração e colonização do tecido hospedeiro; TRANSGLUTAMINASE - codifica proteínas envolvidas na indução de respostas defensivas e sintomas da doença e identificamos, sequenciamos e caracterizamos os genes estruturais actina e tubulina de *P. cinnamomi*.

## 2 Resultados e discussão

Este trabalho descreve a sequenciação, utilizando o PCR HE-TAIL (High-Efficiency Thermal Asymmetric Interlaced-PCR) [8], de elicítinas, segregadas por *P. cinnamomi* que inibem especificamente a atividade de endoglucanases da planta hospedeira, suprimindo assim a degradação do glucano na parede celular do oomiceta. Inicialmente obtivemos uma pequena sequência de DNA por PCR utilizando iniciadores degenerados concebidos com base na homologia das sequências de leitura aberta de genes de fungos filogeneticamente próximos de *P. cinnamomi* como *P. infestans* e *P. sojae*. As sequências completas dos genes foram obtidas flanqueando a sequência conhecida por PCR assimétrica. A fim de compreender a função destes genes, procedeu-se ao estudo da sua expressão por RT-qPCR, durante o crescimento em diferentes fontes de carbono e na infeção *in vivo* com *C. sativa*. As ORF's destes genes foram clonadas em diferentes plasmídeos de expressão, a fim de realizar a análise de expressão heteróloga.

Uma análise BLAST nas bases de dados genómicas (EMBL e NCBI) revelou uma elevada homologia das sequências das proteínas deduzidas dos genes isolados e caracterizados com as sequências das proteínas de referência assim como a existência de motivos e resíduos característicos de cada proteína em estudo.

Tabela 1. Condições de HE-TAIL PCR.

Reação	Número de ciclos	Condições térmicas
Primária		
	1	93°C (1min); 95°C (5min)
	5	94°C (30sec) ; 62°C (1min) ; 72°C (2min30sec)
	1	94°C (30sec); 25°C rampa 72°C (3min); 72°C (2min30sec)
	15	94°C (20sec) ; 65°C (3min30sec); 94°C (20sec) ; 65°C (3min30sec); 94°C (30sec); 42°C (1min); 72°C (2min30sec)
	1	72°C (5min); 4°C Permanente
Secundária		
	12	94°C (20sec) ; 65°C (3min30sec); 94°C (20sec) ; 65°C (3min30sec); 94°C (30sec); 42°C (1min); 72°C (2min30sec)
	1	72°C (5min); 4°C Permanente
Terciária		
	30	94°C (30sec); 42°C (1min); 72°C (2min30sec)
	1	72°C (5min); 4°C Permanente

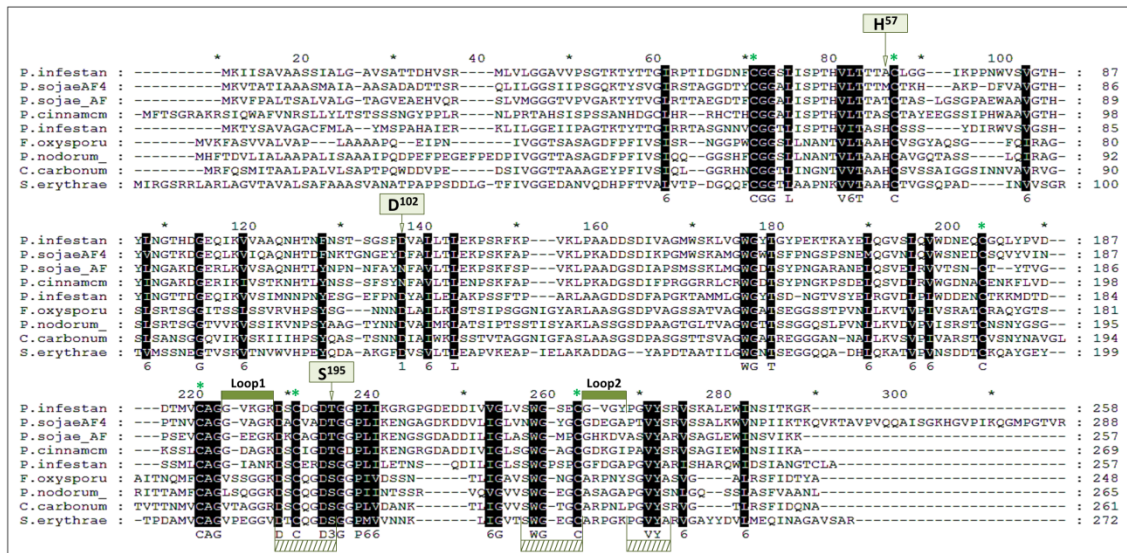


Figura 2. Alinhamento de seqüências de genes *gip*.

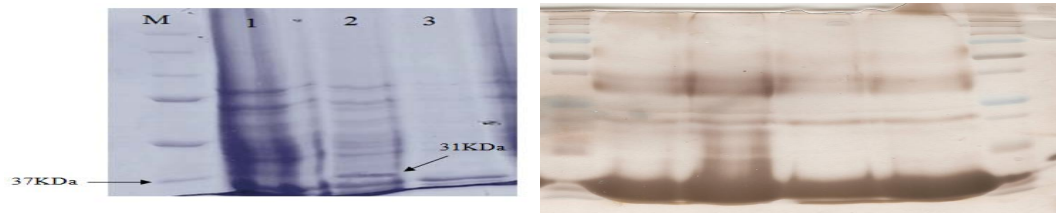


Figura 3. Expressão heteróloga das proteínas endo-1,3-beta-glucanase e NPP1.

**Infeção das raízes de *C.sativa*.**

A Infeção das raízes do hospedeiro realizou-se com o micélio de *P. cinnamomi* (PR120). As primeiras lesões necróticas apareceram após cerca de 12 horas, nas áreas em contato direto com o inóculo. Por volta das 24 h, as lesões iniciais já se tinham estendido ao longo de toda a raiz. 36 h após a inoculação a necrose da raiz espalhou-se, e foi localizada na região interna da própria raiz (Fig. 4).



Figura 4. Efeito de necrose de *P. cinnamomi* nas raízes de *Castanea sativa*. O tecido necrótico é indicado pelas setas. A) Controle, raiz não infetada, B) Raiz infetada.

**Quantificação dos transcritos**

A expressão dos genes em resposta a celulose, glicose e serrim de madeira foi estudada em células de *P. cinnamomi*, utilizando iniciadores específicos para cada gene. Os níveis de expressão de gene *actin2* foram utilizados como controlos internos de cDNA.

Os micélios de *Phytophthora cinnamomi* foram incubadas com glucose a 2% (w / v), celulose a 0,2% (w / v) e 0,2% de serrim (w / v), durante 2, 4, 6 e 8 dias. Esses três tipos de substratos foram escolhidos considerando o sistema de planta-agente patogénico. No RNA extraído de várias culturas in vitro, as duas bandas tinham intensidade idênticos, mostrando que estava presente uma quantidade idêntica de RNA de *Phytophthora* (Fig. 5), a intensidade das bandas de mRNA de actina foi semelhante em todas as amostras, indicando que os níveis de mRNA de actina eram também idênticos.

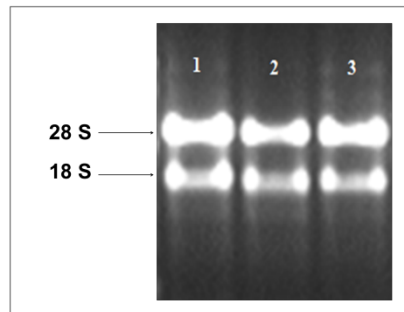


Figura 5. Separação electroforética em gel de agarose com formaldeído de RNA extraído a partir de *P. cinnamomi*, após 8 dias de crescimento em três meios diferentes: 1) glucose a 2% (w / v), 2) celulose a 0,2% (w / v) e 3) 0,2% de serrim (w / v).

O RNA total foi extraído a partir destas células, o cDNA foi sintetizado e a expressão de cada gene avaliada por qRT-PCR.

A análise dos níveis de expressão de cada gene em micélios de *P. cinnamomi* crescidos em glucose celulose e serrim para 2, 4, 6 e 8 dias mostra que diferentes fontes de carbono induzem um pequeno aumento nos níveis de expressão dos genes. Após 8 dias de crescimento os níveis de expressão aumentaram significativamente.

Aos 2 dias de crescimento os níveis de expressão de genes em culturas de glucose, serrim e celulose foram semelhantes. Nos quatro dias, os níveis de expressão em glucose e em serrim foram 1,15 x e 1,2 X mais elevados do que em celulose (Fig. 6). Aos 6 dias, os níveis de expressão em glucose e em celulose foram semelhantes e mais baixos que em serrim. Aos oito dias, os níveis de expressão permaneceram mais elevados em serrim, em relação à glicose e em relação à celulose.

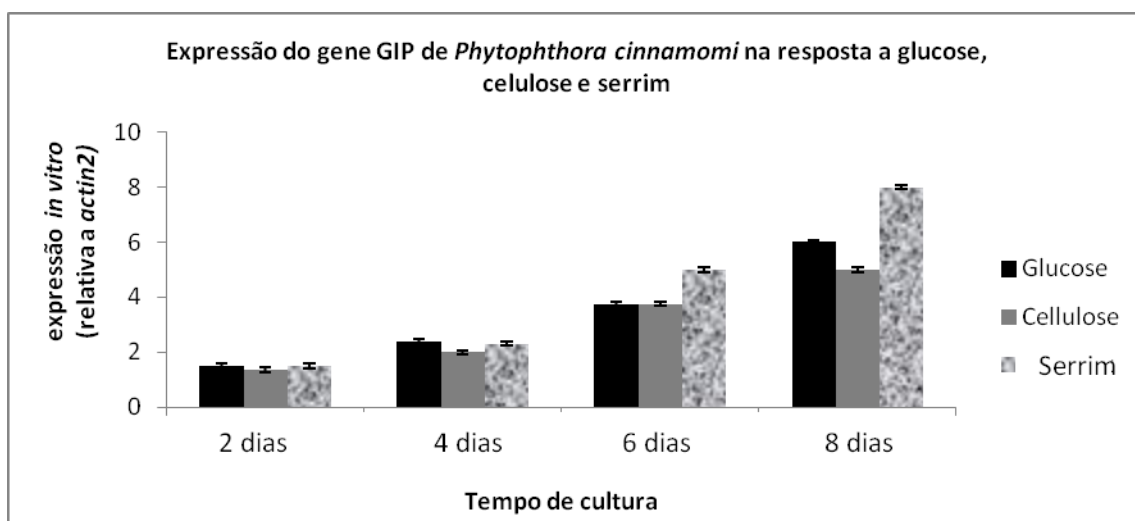


Figura 6. Efeito da glucose, celulose e serrim sobre os níveis de expressão do gene gip de *Phytophthora cinnamomi*.

O tipo de meio possui um efeito visível sobre o nível de expressão do gene gip - é significativamente maior em serrim do que em glucose ou celulose, e incrementado em todos os meios de cultura, com o tempo de cultura. Este fato pode estar relacionado com a adaptação do agente patogénico aos meios de cultura. Além disso, a glucose e a celulose são fontes de carbono simples comparados com o serrim, portanto, são facilmente degradados pelo agente patogénico. Neste trabalho, o serrim é o substrato que apresentam maior similaridade com o substrato natural utilizado pelo agente patogénico e expressão das proteínas esta definitivamente relacionada com este fato.

Os níveis de expressão de transcritos de GIP após a infeção das raízes de *C. sativa*, analisados em diferentes tempos, estão representados na Fig. 7. Há uma maior expressão às 12 horas, seguida por uma diminuição significativa às 24 horas e, em seguida, um ligeiro aumento às 36 horas. Em qualquer caso, os valores de expressão são geralmente mais baixos do que os encontrados em meios de crescimento com diferentes fontes de carbono (Fig. 6), o que pode explicar a inibição por um fator secretado pela planta. Esta oscilação de valores de expressão durante a infeção também sugere um complexo mecanismo de resposta e interação defensiva, [6].

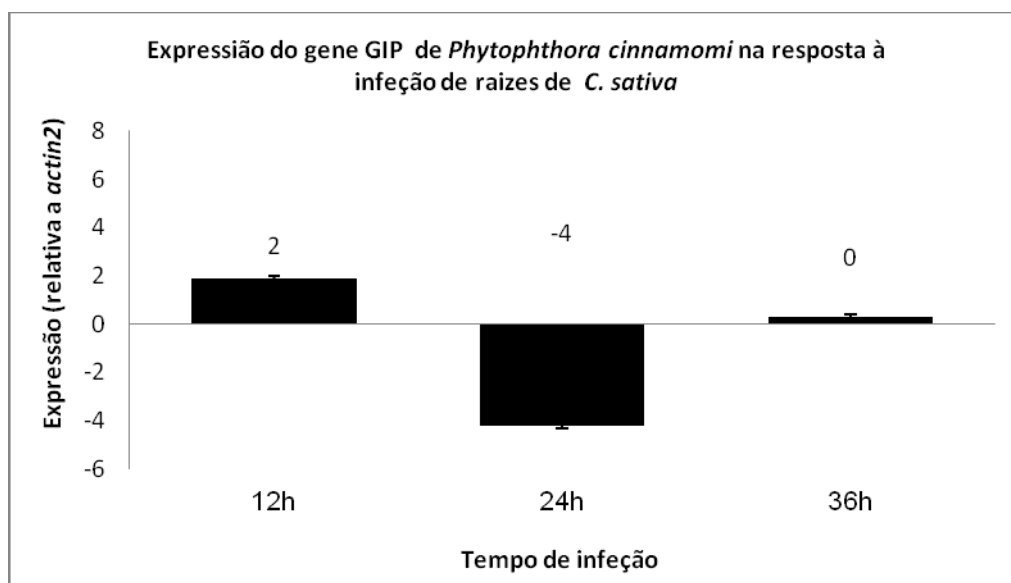


Figura 7. Níveis de expressão do gene gip de *Phytophthora cinnamomi* durante a infeção de raízes de *C. sativa*.

### 3 Conclusões

Os resultados mostram que, para um agente patogénico poder colonizar um hospedeiro com sucesso, deve desenvolver mecanismos para evitar a deteção, ou, na sua falta, para subverter as respostas de defesa. Vários modelos de infeção têm sido propostos nos quais as moléculas efetoras do agente patogénico interferem com a ligação a elicitores do hospedeiro, com a transdução de sinal, a ativação de genes ou com as várias respostas de defesa [11, 12].

A capacidade das plantas detetarem os seus atacantes bióticos de forma rápida e precisa é essencial para poderem estabelecer uma defesa eficaz. As plantas devem identificar e responder aos efetores químicos e sinais mecânicos que acompanham o ataque. Foi identificado um número estruturalmente diversificado de "supressores" capazes de restringir a resistência das plantas [13]. Eles são considerados como determinantes na patogenicidade e definidos como fatores que são produzidos no local da infeção capazes de participar na resistência geral suprimindo e induzindo a suscetibilidade local em plantas para hospedeiros específicos. Algumas glicoproteínas e glucanos foram classificadas como supressores (para revisão, ver [18]) e o seu modo de ação mostra-se no modelo representado na Fig. 8 [7].

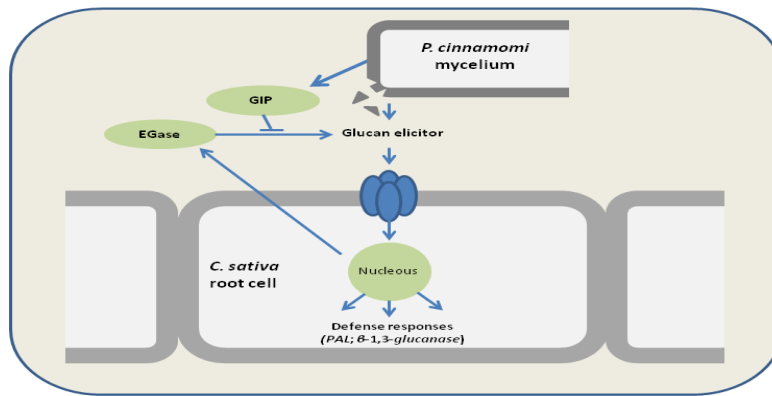


Figura 8. Modelo de ação de GIP durante a interação entre *P. cinnamomi* e raízes de *C. sativa*. Adaptado de [6].

#### Referências

- [1] Hardham AR: *Phytophthora cinnamomi*. *Mol Plant Pathol* 2005, 6(6):589-604.
- [2] Birch PR, Rehmany AP, Pritchard L, Kamoun S, Beynon JL: Trafficking arms: oomycete effectors enter host plant cells. *Trends Microbiol* 2006, 14(1):8-11.
- [3] Kamoun S: Groovy times: filamentous pathogen effectors revealed. *Curr Opin Plant Biol* 2007, 10(4):358-365.
- [4] Huckelhoven R: Cell wall-associated mechanisms of disease resistance and susceptibility. *Annu Rev Phytopathol* 2007, 45:101-127.
- [5] Kamoun S: Molecular genetics of pathogenic oomycetes. *Eukaryot Cell* 2003, 2(2):191-199.
- [6] Rose JK, Ham KS, Darvill AG, Albersheim P: Molecular cloning and characterization of glucanase inhibitor proteins: coevolution of a counterdefense mechanism by plant pathogens. *Plant Cell* 2002, 14(6):1329-1345.
- [7] Raeder U, Broda P: Rapid preparation of DNA from filamentous fungi. *Letters in Applied Microbiology* 1985, 1(1):17-20.
- [8] Michiels MT, WIM VAN DEN ENDE and ANDRE, LAERE V: Chromosomal Walking of Flanking Regions From Short Known Sequences in GC-Rich Plant Genomic DNA. *Plant Molecular Biology Reporter* 2003, 21:295-302.
- [9] Hanahan D: Studies on transformation of *Escherichia coli* with plasmids. *J Mol Biol* 1983, 166(4):557-580.
- [10] York WS, Qin Q, Rose JK: Proteinaceous inhibitors of endo-beta-glucanases. *Biochim Biophys Acta* 2004, 1696(2):223-233.
- [11] Knogge W: Fungal pathogenicity. *Curr Opin Plant Biol* 1998, 1(4):324-328.
- [12] Staskawicz BJ: Genetics of plant-pathogen interactions specifying plant disease resistance. *Plant Physiol* 2001, 125(1):73-76.
- [13] Shiraishi T, Yamada T, Ichinose Y, Kiba A, Toyoda K: The role of suppressors in determining host-parasite specificities in plant cells. *Int Rev Cytol* 1997, 172:55-93.

## Crescimento e sobrevivência de espécies florestais instaladas na região Mediterrânica: efeito da intensidade de preparação do terreno

Felícia Fonseca<sup>1</sup>, Tomás de Figueiredo<sup>1</sup> & Afonso Martins<sup>2</sup>

1–Centro de Investigação de Montanha,

Instituto Politécnico de Bragança

Campus de Sta Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 Bragança

2–Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Ap. 1013, 5001-911 Vila Real

ffonseca@ipb.pt

*Resumo* – Na região mediterrânica, onde o período seco é longo e com riscos de se intensificar no futuro, a disponibilidade de água constitui o principal factor limitante à sobrevivência e ao crescimento vegetal. Nestes ambientes, é frequente encontrar solos com fraca capacidade de suporte radical, elevado conteúdo de elementos grosseiros e baixo teor em matéria orgânica, o que tende a limitar o armazenamento de água no perfil do solo. Com o propósito de contribuir para o esclarecimento do efeito da técnica de preparação do terreno na resposta das plantas (aqui traduzida pelo crescimento em altura e diâmetro e pela sobrevivência), efectuou-se um estudo em povoamentos mistos de *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Castanea sativa* (CS) instalados com diferentes intensidades de preparação do terreno: ligeira, intermédia e intensiva. Na avaliação do crescimento e mortalidade das espécies PM e CS, foi observado o estado das plantas e realizadas medições da altura total da parte aérea e diâmetro do caule ao nível do solo de todas as plantas, imediatamente após a plantação e aos 12, 24, 27, 30, 36, 39 e 42 meses. Contabilizou-se a mortalidade antes e depois do período estival, por contagem das plantas mortas, no ano da plantação (2002) e nos anos 2003, 2004 e 2005. Os resultados mostram: (i) mortalidade mais elevada após plantação e antes do período estival nos tratamentos de mobilização ligeira; (ii) após o período estival, os tratamentos de mobilização ligeira continuam a registar os maiores valores de mortalidade, enquanto os tratamentos de mobilização intermédia registam os menores; (iii) durante o período experimental, o efeito dos tratamentos no crescimento das plantas (altura e diâmetro) foi estatisticamente significativo, no entanto, os resultados experimentais não conduzem ainda a uma relação clara entre a intensidade da preparação do terreno e a resposta das plantas.

*Palavras-chave:* região mediterrânica, preparação do terreno, *P. menziesii*, *C. sativa*, crescimento, mortalidade

### 1 Introdução

Considerando as limitações dos solos geralmente ocupados por floresta - deficiente suporte radical, fraca estabilidade, deficiente reserva de água e carências de nutrientes, é prática corrente recorrer-se a trabalhos de preparação do terreno, envolvendo mobilizações mais ou menos intensivas, de forma a diminuir ou eliminar essas limitações [1,2,3]. Porém, a orientação desses trabalhos não tem sido devidamente suportada por resultados experimentais que permitam a selecção das técnicas mais adequadas a cada situação e optimizem a rentabilidade e a sustentabilidade dos ecossistemas. Para as condições dos solos florestais portugueses, é escassa a informação sobre a influência da preparação do solo na resposta das plantas e nas modificações das propriedades do solo [4]. Por outro lado, a grande maioria dos estudos realizados em sistemas florestais são conduzidos em povoamentos adultos, pelo que a fase de instalação das espécies é menos compreendida e frequentemente esquecidos componentes importantes da dinâmica inicial do sistema [5,6].

A intensidade e a velocidade com que se processam as modificações provocadas pelas técnicas de preparação do terreno, que antecedem a instalação dos povoamentos dependem de vários factores tais como litologia, clima, solo, relevo, tipo de preparação do terreno e espécies utilizadas. Como consequência da realização daquelas operações ocorrem alterações mais ou menos intensas, nomeadamente aprofundamento da espessura de enraizamento e modificação do perfil original do solo, que se traduzem numa melhoria das condições de suporte vegetal, em resultado do aumento do volume de água e nutrientes disponíveis [7]. Porém, admite-se que em situações de solos com elevada proporção de material fino e com moderada e elevada espessura, essas mobilizações possam conduzir a um processo de degradação das condições físicas iniciais, por incremento da compactação e destruição estrutural com as inerentes consequências negativas. Nestas condições, a actividade biológica é reduzida, a restauração estrutural natural é muito lenta e os estragos causados pela mecanização

perduram durante vários anos. Por outro lado, resultados existentes para as nossas condições, mostram que nem sempre a intensidade de operações, com elevação de custos e possível agravamento de impactes ambientais, se traduz em resultados compensatórios tanto em propriedades medidas no solo, como no sucesso das plantações [8].

Assim, admite-se que as opções tomadas, podem ser: (i) excessivas, promovendo a degradação do solo, nomeadamente no caso de florestação de antigos solos agrícolas, ou de solos com características morfológicas e físico-químicas à partida adequadas à plantação de espécies florestais; (ii) desajustadas aos objectivos pretendidos, não conseguindo atingir os benefícios desejados. Adicionalmente, num e noutro caso, existem custos associados a essas operações que podem comprometer a viabilidade económica da exploração, devendo, como tal, ser devidamente planeadas. A diversidade de técnicas de preparação do terreno passíveis de utilização, enfatiza a necessidade de realizar estudos em plantações recentemente instaladas, especialmente nas áreas onde a informação disponível é limitada, com particular relevância na Região Mediterrânica [9].

No presente trabalho apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos sobre o efeito de diferentes técnicas de preparação do terreno, na mortalidade e no crescimento em altura e diâmetro num período de 42 meses das espécies *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Castanea sativa* (CS).

## 2 Material e Métodos

O campo experimental foi instalado entre Novembro de 2001 e Março de 2002 em Lamas de Podence, concelho de Macedo de Cavaleiros, com as coordenadas geográficas 41° 35' N e 6° 57' W, e situado a uma altitude entre os 660 e os 701 m. De acordo com [10], o clima da região é classificado de Terra Fria de Planalto, caracterizado por invernos frios prolongados, verões curtos e quentes e ocorrência de geadas de Outubro a Maio. A precipitação média anual é de 656 mm e a temperatura média anual de 12°C [11]. O relevo varia de ondulado suave a ondulado, e os solos originais integram-se na associação de unidades Leptosolos dístricos órticos de xistos e Cambissolos dístricos crómicos de xistos [10]. O ensaio engloba três blocos, em áreas contíguas, mas com litologia e topografia diferentes. O bloco I situa-se na parte mais elevada do campo experimental, numa área sedimentar, aplanada, de relevo residual, com declive de 6% e os blocos II e III em zonas de encosta com declives de 22 e 12%, respectivamente e exposição idêntica. A acompanhar as diferenças na litologia, os solos dos blocos, formam dois grupos com algumas propriedades distintas - bloco I, por um lado e blocos II e III, por outro. No primeiro caso, os solos apresentam valores mais elevados de argila, limo, carbono e azoto total e capacidade de troca catiónica e, ao contrário, valores mais baixos em bases de troca, fósforo e potássio, mostrando um carácter mais ácido relativamente aos solos do outro grupo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado dentro de cada bloco, totalizando 3 repetições (blocos) e 6 técnicas de preparação do terreno (tratamentos), que abrangem vários graus de mobilização e armação do terreno, com diferente intensidade (Tabela 1). O tratamento TSMO corresponde ao solo original e é tomado como referência para comparação com os restantes tratamentos no que diz respeito aos efeitos da preparação do terreno nas propriedades do solo.

As parcelas apresentam dimensões de 25 × 15 m, perfazendo uma área experimental de cerca de 1,5 hectares. As espécies utilizadas foram a *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Castanea sativa* (CS), num compasso de 2 × 4 m, em linhas alternadas, num total de quatro linhas (2 de PM e 2 de CS), com 12 plantas cada (24 PM e 24 CS), por parcela. A plantação foi efectuada manualmente, em fevereiro de 2002, com utilização de plantas de viveiro produzidas em sacos de plástico no caso da PM e plantas de raiz nua no caso da CS.

Para avaliação do comportamento das espécies (crescimento e mortalidade) foi observado o estado das plantas e realizadas medições da altura da parte aérea (h) e diâmetro do caule ao nível do solo (d) de todas as plantas, imediatamente após a plantação e aos 12, 24, 27, 30, 36, 39 e 42 meses, correspondendo a quatro estações de crescimento. Na terceira e quarta estação de crescimento, foram avaliados os crescimentos de Primavera (27 e 39 meses) e os crescimentos de Verão (30 e 42 meses). Os tratamentos de mobilização ligeira (SMPC e RCAV) foram excluídos destas medições devido à falta de árvores, resultante da elevada mortalidade aí registada. Contabilizou-se a mortalidade das espécies utilizadas antes do período estival (ape - Maio) e depois do período estival (dpe - Setembro), por contagem das plantas mortas, no ano da plantação (2002) e nos anos 2003, 2004 e

2005. Como complemento a estas medições foram efectuadas observações dos sistemas radicais de plantas que morreram durante o período estival.

Tabela 1 – Tratamentos representando o solo original e seis técnicas de preparação do terreno aplicadas antes da instalação de povoamentos florestais

Tratamentos	Descrição das operações de preparação do terreno
Testemunha	
TSMO	Solo original (sem plantação)
Mobilização ligeira	
SMPC	Sem mobilização, plantação à cova com broca rotativa (60 cm de profundidade)
RCAV	Ripagem contínua, abertura da vala de plantação com ripper equipado com aivequilhos (cerca de 60 cm de profundidade)
Mobilização intermédia	
SRVC	Sem ripagem prévia, armação do terreno em vala e câmore com duas passagens (cerca de 90 cm de profundidade)
RLVC	Ripagem localizada seguida de armação do terreno em vala e câmore com duas passagens (cerca de 90 cm de profundidade)
Mobilização intensiva	
RCVC	Ripagem contínua seguida de armação do terreno em vala e câmore com duas passagens (cerca de 90 cm de profundidade)
RCLC	Ripagem contínua seguida de lavoura contínua (cerca de 90 cm de profundidade)

Um ano após a plantação, observaram-se seis perfis de solo na linha de plantação por tratamento. Colheram-se amostras de solo nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm para avaliar os efeitos das técnicas de preparação do terreno nas características do solo e possíveis relações com a resposta das plantas. A espessura efectiva do solo (espessura de enraizamento), definida como o conjunto de camadas mais exploradas pelas raízes das plantas, foi medida em cada perfil durante a descrição do perfil do solo. A resistência do solo à penetração foi avaliada com um *penetrologer set* com cone de 1 cm<sup>2</sup> e ângulo 60°, num total de 30 medições por tratamento.

O tratamento estatístico dos dados baseou-se em análises de variância e testes de comparação múltipla de médias (Tukey, 5%) para todas as características e determinações. A estimativa do grau de relação entre variáveis foi determinada por análise de correlação simples.

### 3 Resultados e Discussão

#### 3.1 Características do solo

Os resultados apresentados nesta subsecção dizem respeito a propriedades do solo associadas à sobrevivência e crescimento das árvores em jovens povoamentos florestais: (i) expansão e desenvolvimento do sistema radicular permitindo o acesso a recursos do solo como água e nutrientes; (ii) fertilidade das camadas mais relevantes para a actividade biológica do solo, identificada por propriedades químicas da camada superficial do solo.

A espessura efectiva do solo (espessura de enraizamento) tende a aumentar nos tratamentos de mobilização do solo de intensidade intermédia a intensiva (Fig. 1). Os tratamentos SRVC, RLVC e RCLC apresentam espessura efectiva mais elevada tendo havido um acréscimo entre 30 a 40 cm na linha de plantação relativamente ao solo original (TSMO). Nos tratamentos de mobilização ligeira (SMPC e RCAV), os efeitos das técnicas de preparação do terreno na espessura de enraizamento são pouco expressivos.

Os tratamentos de mobilização ligeira (SMPC e RCAV) e o solo original (TSMO) apresentam maior resistência do solo à penetração e, ao contrário, o tratamento de mobilização mais intensiva (RCLC), apresenta a menor resistência. Os tratamentos com armação do terreno em vala e câmore (SRVC, RLVC e RCVC) mostram valores intermédios (Fig. 2). Assim, a intensificação da preparação do terreno ao contribuir para o aumento da espessura efectiva e redução da resistência do solo à penetração, afectou favoravelmente as condições físicas do solo, com reflexos positivos no desenvolvimento e expansão radical, nas trocas gasosas e na taxa de infiltração, contribuindo para o sucesso das arborizações. A resistência do solo à penetração pode constituir um índice apropriado para avaliar a influência da densidade do solo na distribuição e desenvolvimento do sistema radical

[12]. Relações entre o crescimento radical e a resistência do solo à penetração são referidas por diversos autores [13,14,15].

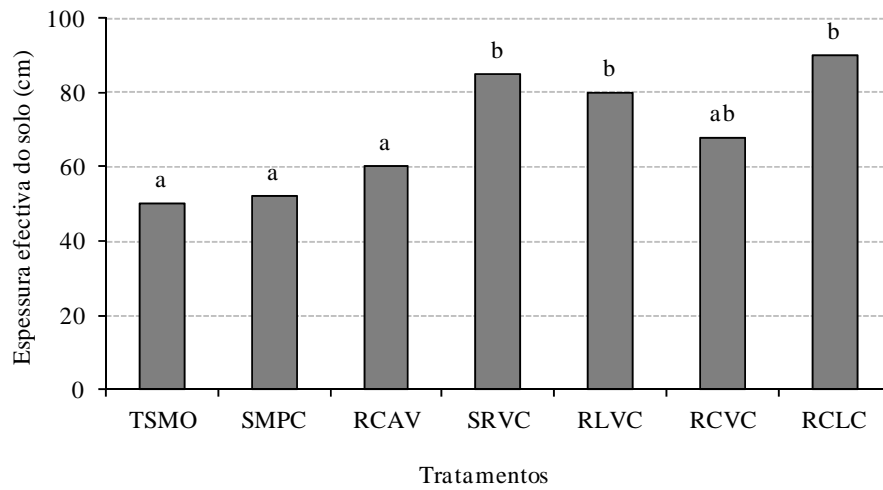


Figura 1 – Espessura efectiva do solo um ano após a preparação do terreno. Colunas com a mesma letra, não diferem significativamente os tratamentos ( $P < 0,05$ )

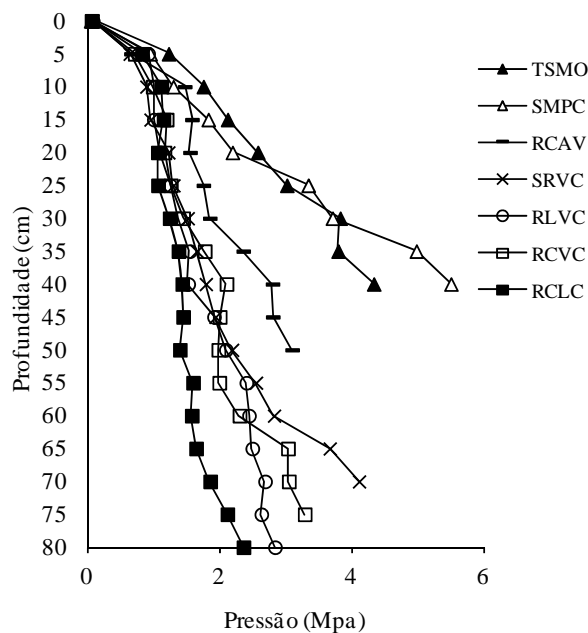


Figura 2 – Resistência do solo à penetração no solo original e nas linhas de plantação dos diversos tratamentos

Os valores de carbono orgânico do solo, azoto total, fósforo extraível, soma das bases de troca e pH ( $H_2O$ ) são apresentados na Tabela 2. Os resultados, quando comparados com o solo original (TSMO), mostram que o carbono orgânico e o azoto total diminuíram significativamente nos tratamentos com mobilização intermédia (SRVC e RLVC) e intensiva (RCVC e RCLC) do solo, enquanto a soma das bases de troca aumentou, mas apenas de forma significativa no tratamento SRVC. Os valores de pH ( $H_2O$ ) não variam significativamente com os tratamentos.

Normalmente, a preparação do terreno favorece a mistura entre a matéria orgânica e mineral do solo, o que estimula o crescimento da população bacteriana e a mineralização da matéria orgânica [16,17], conduzindo a

perdas ou transferência de nutrientes, nomeadamente carbono e azoto [18]. Apesar das modificações verificadas nos teores de carbono e azoto por aplicação das técnicas de preparação do terreno,[19] referem que as maiores variações no teor de matéria orgânica ocorrem durante os primeiros cinco anos após a preparação do terreno, com pequenas variações para além daquele período.

Tabela 2 – Propriedades químicas do solo na camada 0-20 cm, um ano após a plantação. Para a mesma linha, médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente os tratamentos ( $P < 0,05$ )

Parâmetro	Tratamentos						
	TSMO	SMPC	RCAV	SRVC	RLVC	RCVC	RCLC
C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	11,4 <sup>b</sup>	11,1 <sup>b</sup>	8,3 <sup>ab</sup>	4,7 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	7,4 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>
N total (g kg <sup>-1</sup> )	0,70 <sup>b</sup>	0,82 <sup>b</sup>	0,65 <sup>ab</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,57 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>
P Olsen (mg kg <sup>-1</sup> )	28 <sup>a</sup>	47 <sup>b</sup>	40 <sup>ab</sup>	24 <sup>a</sup>	16 <sup>ab</sup>	32 <sup>ab</sup>	35 <sup>ab</sup>
Soma das bases de troca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,5 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	3,3 <sup>b</sup>	1,6 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	2,3 <sup>ab</sup>
pH (H <sub>2</sub> O)	5,1 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	5,1 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>

### 3.2 Mortalidade

Quando se consideram as plantas instaladas no ano da plantação (2002) e a sua evolução no tempo (2003, 2004 e 2005), observa-se que nos tratamentos de mobilização ligeira (SMPC e RCAV) a mortalidade atingiu valores frequentemente acima de 90% e idênticos para as duas espécies. Nos tratamentos de mobilização intermédia (SRVC e RLVC) a mortalidade é inferior a 35%, voltando a aumentar para valores de cerca de 50% nos tratamentos de mobilização mais intensiva (RCVC e RCLC), e sendo sempre mais elevada para a espécie *PM* (Tabela 3). A mortalidade, antes do período estival (ape) (Fig. 3), geralmente não apresenta diferenças significativas entre os vários tratamentos, o que parece sugerir que o material genético original apresentava homogeneidade. Durante o período estival (dpe) (Fig. 3), ocorreu a maior mortalidade sendo evidentes as diferenças entre os tratamentos SMPC e RCAV e os restantes, pois as árvores são especialmente sensíveis durante a fase de adaptação às novas condições ecológicas do meio [20,21]. Nos anos seguintes (2003 e 2004), só ocorreu mortalidade durante o período estival, o que evidencia o problema da escassez de água, nos meses de Verão, nos solos sob condições mediterrânicas. Resultados semelhantes foram obtidos por [21], em condições climáticas idênticas, com a espécie *Quercus rotundifolia*. No ano 2005, apesar da seca severa/extrema a nível nacional, não se registou qualquer mortalidade, o que pode sugerir que três anos após a instalação, as plantas estavam adaptadas às condições edafo-climáticas da área experimental. [22] faz notar que a taxa de mortalidade pode ser um indicador de adaptação das espécies às condições ecológicas do meio.

Tabela 3 – Valores cumulativos de mortalidade (%), das espécies *PM* e *CS* num período de 3 anos após a plantação. Para a mesma coluna, médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente os tratamentos ( $P < 0,05$ )

Tratamento	<i>Pseudotsuga menziesii</i> , <i>PM</i>			<i>Castanea sativa</i> , <i>CS</i>		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
	média ± erro padrão			média ± erro padrão		
SMPC	97,3 ± 2,7 <sup>a</sup>	98,7 ± 1,3 <sup>a</sup>	98,7 ± 1,3 <sup>a</sup>	98,7 ± 1,3 <sup>a</sup>	98,7 ± 1,3 <sup>a</sup>	98,7 ± 1,3 <sup>a</sup>
RCAV	87,0 ± 13,0 <sup>a</sup>	87,0 ± 13,0 <sup>a</sup>	87,0 ± 13,0 <sup>a</sup>	88,7 ± 5,7 <sup>a</sup>	90,4 ± 5,3 <sup>a</sup>	90,4 ± 5,3 <sup>a</sup>
SRVC	32,2 ± 6,1 <sup>b</sup>	36,6 ± 7,8 <sup>b</sup>	42,4 ± 9,8 <sup>b</sup>	19,5 ± 10,2 <sup>b</sup>	29,5 ± 20,2 <sup>b</sup>	32,7 ± 18,9 <sup>b</sup>
RLVC	34,2 ± 4,8 <sup>b</sup>	43,2 ± 2,3 <sup>b</sup>	43,2 ± 2,3 <sup>b</sup>	19,6 ± 3,9 <sup>b</sup>	19,6 ± 3,9 <sup>b</sup>	19,6 ± 3,9 <sup>b</sup>
RCVC	51,2 ± 8,4 <sup>b</sup>	56,9 ± 8,3 <sup>b</sup>	58,2 ± 8,0 <sup>b</sup>	16,5 ± 9,2 <sup>b</sup>	19,7 ± 3,6 <sup>b</sup>	24,4 ± 6,2 <sup>b</sup>
RCLC	48,0 ± 7,3 <sup>b</sup>	48,0 ± 7,3 <sup>b</sup>	48,0 ± 7,3 <sup>b</sup>	44,8 ± 9,2 <sup>b</sup>	47,4 ± 8,9 <sup>b</sup>	48,8 ± 9,0 <sup>b</sup>

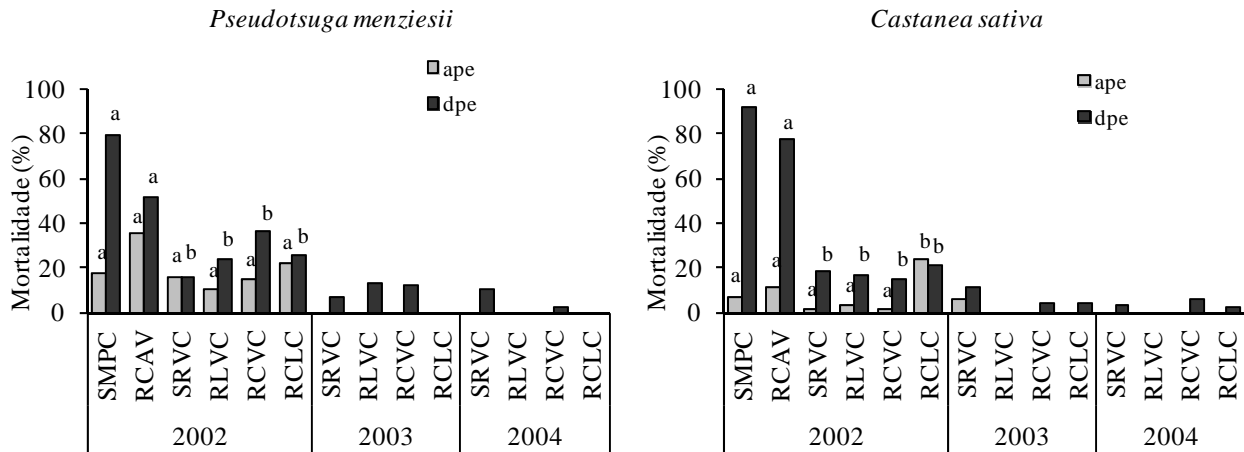


Figura 3 – Mortalidade antes (ape) e depois (dpe) do período estival, num período de 3 anos após a plantação, para as espécies *PM* e *CS*. Para o mesmo período e ano de observação, colunas com letras iguais não diferem significativamente os tratamentos ( $P < 0,05$ )

Na tentativa de melhor compreender as razões que conduziram a taxas de mortalidade tão elevadas nos tratamentos de mobilização ligeira (SMPC e RCAV), observou-se o sistema radical de plantas que morreram durante o período estival, em trincheiras abertas para esse efeito. No tratamento SMPC pôde observar-se a formação de uma camada mais compacta a partir dos 25-30 cm, que dificultou a penetração do sistema radical, comprovado pela conformação das raízes que pararam o crescimento quando atingiram essa camada. No tratamento RCAV a partir de cerca de 30 cm, observou-se uma elevada pedregosidade, constituída por material rochoso fragmentado com pouca terra fina, e um fraco desenvolvimento radical com as raízes a contornarem as pedras e a inflectir ou a crescer na horizontal. Isto leva a concluir que a acção do ripper terá apenas provocado uma fragmentação do material subjacente, sem conseguir uma mistura adequada entre fragmentos de rocha e terra fina dos horizontes suprajacentes. Deste modo, a elevada pedregosidade na linha de plantação originou elevada proporção de espaços vazios e uma fraca interface solo-planta, com efeitos desfavoráveis à instalação das plantas e à sua sobrevivência.

Em concordância com estas observações, e tendo presente as características climáticas da região em estudo (elevado défice hídrico estival), a espessura efectiva mostrou ser uma propriedade determinante da sobrevivência, sendo boa a correlação entre as duas variáveis nos anos 2002, 2003 e 2004 (Tabela 4). Nos solos cuja espessura efectiva não ultrapassou os 60 cm, a mortalidade foi superior a 95% para ambas as espécies.

Tabela 4 – Coeficientes de correlação entre a espessura efectiva e mortalidade nos anos 2002, 2003 e 2004 para as espécies *PM* e *CS* (\*  $0,05 > P > 0,01$ ; \*\*  $0,01 > P > 0,001$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ )

Espécie	Ano		
	2002	2003	2004
<i>PM</i>	0,843***	0,863***	0,868***
<i>CS</i>	0,662**	0,643**	0,661**

### 3.3 Crescimento em altura e diâmetro

No tocante aos parâmetros de crescimento das árvores (altura e diâmetro), a intensidade de mobilização do solo (tratamentos) continua a manifestar a sua influência, particularmente na espécie *CS* (Fig. 4).

No que respeita à altura, observam-se diferenças significativas entre tratamentos depois dos 12 meses na espécie *CS* e depois dos 36 meses na espécie *PM*. No entanto, a partir dos 24 meses, a espécie *PM*, mostra um destaque do crescimento no tratamento RCLC. Relativamente ao diâmetro, o efeito dos tratamentos também é visível para as duas espécies, continuando a ser mais retardado na espécie *PM*. O destaque no crescimento no tratamento RCLC, em ambas as espécies, pode estar associado ao menor coberto por vegetação herbácea e ao

maior desenvolvimento das raízes em profundidade. À primeira situação corresponde uma menor competição pela água entre vegetação herbácea e espécies florestais e, à segunda, a possibilidade de utilização de nutrientes e água de camadas mais profundas [18].

Tabela 5 – Coeficientes de correlação da espessura efectiva do solo (EES) com os parâmetros altura e diâmetro num período de 42 meses para as espécies *PM* e *CS* (\* 0,05>P>0,01; \*\* 0,01>P>0,001)

Espécies	EES vs 12 meses	EES vs 24 meses	EES vs 36 meses	EES vs 42 meses
Altura				
<i>PM</i>	0,354	0,040	0,530	0,575*
<i>CS</i>	0,151	0,487	0,583*	0,594*
Diâmetro				
<i>PM</i>	0,422	0,346	0,462	0,469
<i>CS</i>	0,753**	0,715*	0,634*	0,644*

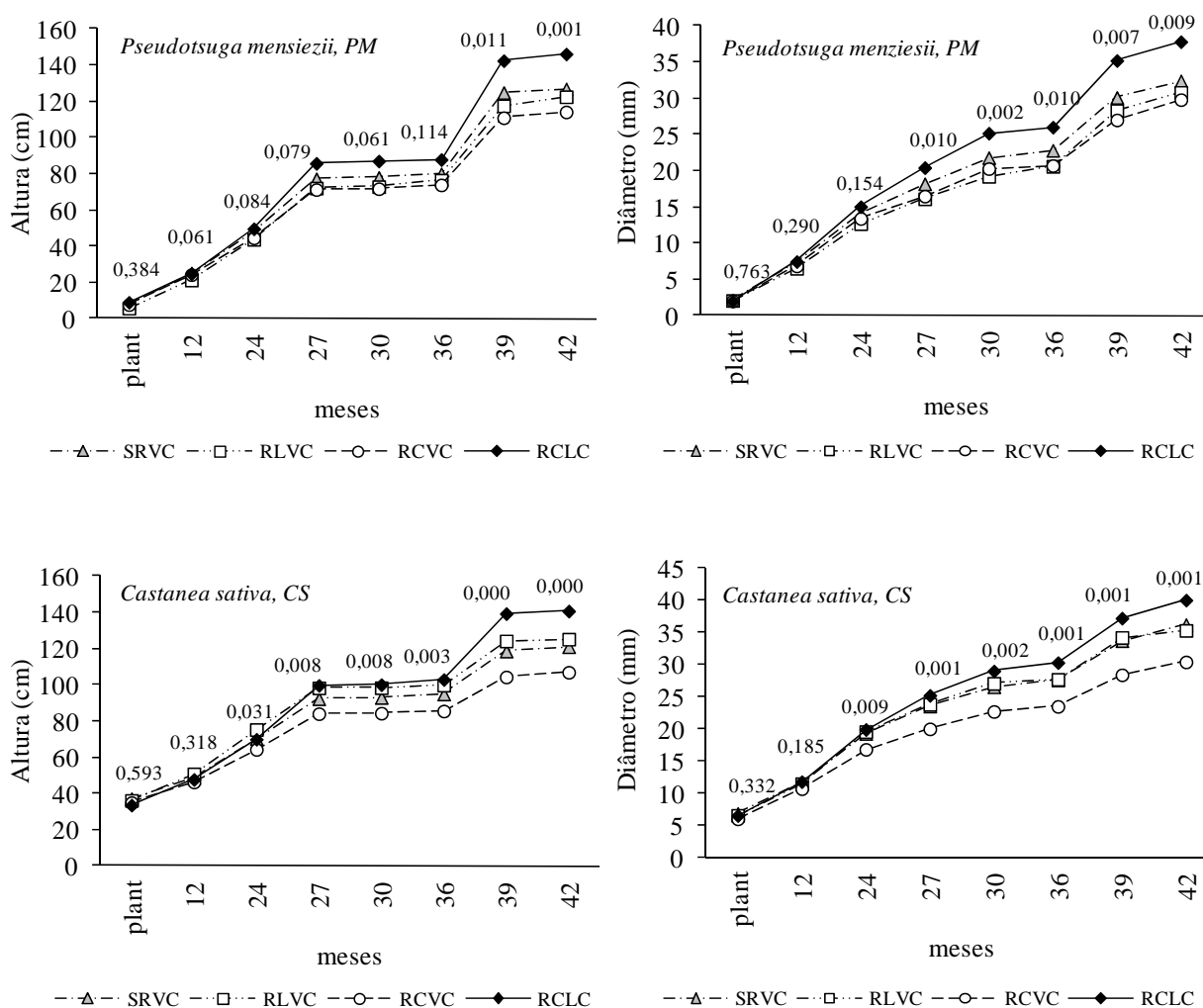


Figura 4 - Evolução do crescimento em altura e diâmetro desde a plantação (plant) até 42 meses após a plantação, para as espécies *PM* e *CS*. Significância das diferenças entre tratamentos assinalada pelos valores de *P* em cada data de medição ( $P < 0,05$  significativo)

A terceira e quarta estação de crescimento foram divididas em crescimentos de Primavera (24-27 e 36-39 meses) e crescimentos de Verão (28-30 e 40-42 meses). Por observação da Fig. 4 pode constatar-se que o crescimento em altura ocorreu quase na totalidade durante a Primavera, enquanto o crescimento em diâmetro

prolongou-se pelo Verão mas com acréscimos superiores na Primavera. Este padrão de crescimento é consistente com a estratégia de adaptação aos défices hídricos estivais [23].

A relação entre espessura efectiva e crescimentos estreita-se substancialmente com o tempo (Tabela 5), verificando-se estreita relação entre aquelas variáveis num período de 42 meses. Isto coloca em evidência a importância da criação de condições que permitam uma exploração crescente de volume de solo pelas raízes nos primeiros anos de estabelecimento das plantas, como referido por vários autores [3,9,24].

#### Referências

- [1] Worrell, R. and Hampson, A. 1997. The influence of some forest operations on the sustainable management of forest soils – a review. *Forestry* 70 (1): 61-85.
- [2] Fisher, R. & Binkley, D. 2000. *Ecology and Management of Forest Soils*. John Wiley & Sons, New York, 489 pp.
- [3] Querejeta, J.I., Roldán, A., Albadalejo, J. & Castilllo, V. 2001. Soil Water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. *Forest Ecology and Management* 149: 115-128.
- [4] Fernandes, J.A.P. & Fernandes, H.M.F. 1998. Ensaio de diferentes graus de mobilização em plantações de *Pinus pinaster* Aiton. *Revista Florestal* XI (2): 56-62.
- [5] Canham, C.C. 1989. Different responses to gaps among shade-tolerant tree species. *Ecology*, 70: 560-562.
- [6] Lieberman, M., Lieberman, D. & Peralta, R. 1989. Forests are not just swiss cheese: canopy stereogeometry of non-gaps in tropical forests. *Ecology*, 70: 550-552.
- [7] Fleming, R.L., Black, T.A. & Adams, R.S. 1996. Site preparation effects on Douglas-fir and lodgepole pine water relations following planting in a pinegrass-dominated clearcut. *Forest Ecology and Management* 83: 47-60.
- [8] Pinto, M.G.S. 2000. *Técnicas de preparação do terreno em sistemas florestais e implicações no solo e nas relações solo-planta*. Dissertação de Mestrado. UTAD, Vila Real.
- [9] Varevides, C. & Kritikos, T. 1995. Effect of site preparation intensity and fertilization on *Pinus pinaster* survival and height growth on three sites in northern Greece. *Forest Ecology and Management* 73: 111-115.
- [10] Agroconsultores & Coba. 1991. *Carta dos Solos do Nordeste de Portugal*. UTAD, Vila Real.
- [11] INMG.1991. *Normais Climatológicas da Região de “Trás-os-Montes e Alto Douro” e “Beira Interior” Correspondentes a 1951-1980*. Fascículo XLIX, Volume 3, 3ª Região, Lisboa.
- [12] Schoenholtz, S.H., Van Miegroet, H. & Burger, J.A. 2000. A review chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities.. In Boyle, J.R. & Powers, R.F. (eds.), *Forest soils and ecosystems sustainability*, Elsevier, New York, p. 335-356.
- [13] Curt, T., Lucot, E. & Bouchaud, M. 2001. Douglas-fir root biomass and rooting profile in relation to soils in a mid-elevation area (Beaujolais Mountains, France). *Plant and Soil* 233, 109-125.
- [14] Fonseca, F., Martins A., Nogueira C., Figueiredo T. & Guerra A. 2005. Distribuição e desenvolvimento do sistema radicular em povoamentos jovens de *Castanea sativa* e *Pseudotsuga menziesii*. In Silva, R. & Páscoa, F. (eds.), *Actas das Comunicações do 5º Congresso Florestal Nacional*, Viseu, 8 pp.
- [15] Carlson, C.A., Fox, T.R., Colbert, S.R., Keltling, D.L., Allen, H.L. & Albaugh, T.J. 2006. Growth and survival of *Pinus taeda* in response to surface and subsurface tillage in the southeastern United States. *Forest Ecology and Management* 234: 209-217.
- [16] Hussain, I. Olson, K.R., Wander, M.M. & Karlen, D.L. 1999. Adaptation of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois. *Soil & Tillage Research* 50: 237-249.
- [17] Raimundo, F., Branco, I., Martins, A. & Madeira, M. 2001. Efeito da intensidade de preparação do solo na biomassa radical, regime hídrico, potencial hídrico foliar e produção de castanha de souts do Nordeste Transmontano. *Revista de Ciências Agrárias*, XXIV 3 e 4: 415-423.
- [18] Piatek, K.B., Harrington, C.A. & Debell, D.S. 2003. Site preparation effects on 20 year survival and growth of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and on selected soil properties. *Western J. Appl. For.* 18: 44-51.
- [19] Dick, W.A., Blevins, R.L., Frye, W.W., Peters, S.E., Christenson, D.R., Pierce, F.J. & Vitosh, M.L. 1998. Impacts of agricultural management practices on C sequestration in forest-derived soils of the eastern Corn Belt. *Soil & Tillage Research* 47: 235-244.

- [20] Cogliastro, A., Gagnon, D. & Bouchard, A. 1997. Experimental determination of soil characteristics optimal for the growth of ten hardwoods planted on abandoned farmland. *Forest Ecology and Management* 9: 49-63.
- [21] Bocio, I., Navarro, F.B., Ripoll, M.A., Jiménez, M.N. & de Simón, E. 2004. Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) response to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland. *Annals Forest Science* 61: 171-178.
- [22] Gomes, A.L. 1982. *Preliminares do melhoramento florestal na zona norte do país. Ensaios juvenis de algumas essências*. UTAD, Vila Real.
- [23] Danner B.T. & Knapp. 2001. Growth dynamics of oak seedlings (*Quercus macrocarpa* Michx. and *Quercus muhlenbergii* Engelm.) from gallery forests: implications for forest expansion into grasslands. *Trees* 15: 271-277.
- [24] Abu-Hamdeh, N.H. 2003. Soil compaction and root distribution for okra as affected by tillage and vehicle parameters. *Soil & Tillage Research* 74, 25-35.

## **Idosos agricultores em Trás-os-Montes: análise da resposta à Florestação das Terras Agrícolas no Planalto Mirandês e na Terra Fria**

Silvia Nobre

Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança

Campus de Sta Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 BRAGANÇA

silvian@ipb.pt

*Resumo* – O envelhecimento da população é cada vez mais o pano de fundo das sociedades europeias e da portuguesa em particular. Em meio rural este fenómeno tem ainda maior expressão, dado o carácter deprimido das atividades económicas aí existentes, conduzindo a que parte importante da população ativa se desloque para os centros urbanos. O meio rural é assim cada vez mais caracterizado por um tecido demográfico envelhecido. Na atividade agrícola igual tendência é identificada: em Trás-os-Montes, em particular, a par de uma diminuição das explorações agrícolas, os agricultores são proporcionalmente cada vez mais velhos, representando os indivíduos de mais 55 anos 2/3 do total, em 1999. A plantação de floresta configura uma ocupação do solo que poderá constituir-se como atividade com retorno apenas ao fim de muitos anos. Em Trás-os-Montes, as áreas de plantação florestal estão a aumentar, o que assume carácter paradoxal no contexto atrás descrito, de envelhecimento demográfico, ao qual se associa com frequência a ausência de sucessor na exploração agrícola. Partindo da análise de projetos de florestação de terras agrícolas no Planalto Mirandês e na Terra Fria e verificando a importância das superfícies arborizadas por agricultores mais velhos, tentaremos uma explicação para esta aparente contradição. A abordagem visará avaliar, num primeiro momento, os contributos monetários que a florestação acarreta e, em seguida, ponderar a importância deste contributo quando comparado com outras fontes de rendimento de indivíduos que florestaram. Apontar-se-ão ainda outras linhas explicativas do fenómeno, que interessará explorar.

*Palavras-chave:* Florestação de Terras Agrícolas, idosos em meio rural, Planalto Mirandês, Terra Fria

### **1 Idosos em meio rural com florestação de terras agrícolas**

A política de incentivo à florestação de terras agrícolas inseriu-se nas Medidas de Acompanhamento da Reforma da PAC de 1992. Segundo [1] a criação de ajudas à floresta foi um dos aspetos marcantes desta reforma da PAC constituindo “ [...] um importante passo no sentido de alargar e diversificar a intervenção da Comunidade no âmbito florestal através de medidas que passaram a integrar a política agrícola e de desenvolvimento rural”. Este programa, nomeadamente o Regulamento CEE 2080/92<sup>1</sup>, aplicou-se à arborização de áreas cultivadas, ou que o tivessem sido com regularidade nos dez anos precedentes à candidatura. Pretendeu-se, por esta via, promover a utilização alternativa de terras agrícolas com recurso à arborização, bem como beneficiar as superfícies arborizadas em explorações agrícolas. Os incentivos incluíam i) as ajudas ao investimento para a arborização (concedidas sob a forma de subsídio a fundo perdido)<sup>2</sup>; ii) o prémio anual de manutenção por hectare arborizado<sup>3</sup>; iii) o prémio anual por perda de rendimento por hectare arborizado<sup>4</sup>; e ainda iv) ajudas ao investimento para melhoria de superfícies florestais no âmbito das explorações agrícolas.

---

<sup>1</sup> As candidaturas feitas no âmbito do Reg. 2080 foram financiadas no II Quadro Comunitário de Apoio. Posteriormente, já no III Quadro Comunitário, foi definido o Plano de Desenvolvimento Rural abreviadamente denominado Ruris. Uma das quatro intervenções do Ruris é a Florestação das Terras Agrícolas, tendo ficado deste modo garantida a continuidade desta linha de financiamento até 2006.

<sup>2</sup> Nas percentagens de 90% ou 100% conforme se trate, respetivamente, de projetos individuais ou agrupamentos.

<sup>3</sup> Atribuído por um período de cinco anos com início no ano seguinte ao da realização da retanchar. Corresponde a um pagamento de cerca de 82,30 € (16.500\$00/ha).

<sup>4</sup> O prémio por perda de rendimento é calculado em função do tipo de beneficiário, da área do projeto e da espécie a utilizar. O período de atribuição é variável em função do regime de exploração (para povoamentos explorados em regime de alto fuste o período é de 20 anos; para povoamentos em regime de talhadia o período é de 15 anos e nos povoamentos em que o objetivo é a produção de fruto o período é de 10 anos). Este prémio é de cerca de 200 a 250 € (40 a 50 contos) por ha por ano.

A floresta em Portugal, maioritariamente de pequenos proprietários privados [2], está, em regra, ou esteve num passado não muito longínquo (não anterior ao século XX), associada às explorações agrícolas. Em Trás-os-Montes as transformações ocorridas na agricultura (diminuição do número de explorações, envelhecimento da população nas explorações agrícolas) e o despovoamento geral do meio rural, fariam prever uma relativamente baixa adesão a esta medida de acompanhamento da reforma da PAC. No entanto, pelas suas próprias características – ajudas importantes ao investimento e, simultaneamente, o pagamento à perda de rendimento verificado pela cessação da atividade agrícola nos terrenos a florestar – esta medida de política suscitou elevado interesse, a avaliar pelas taxas de adesão apreciáveis aí verificadas. Segundo Baptista,

*“ [...] os resultados da aplicação desta medida de acompanhamento, entre 1994 e 1996, mostram que se florestaram no distrito de Bragança, em média, 4500 ha/ano. Na Zona de Agrária da Terra Fria temos uma área média arborizada de 958 ha/ano, com uma área média por beneficiário de cerca de 10 ha (...) é de sublinhar que as áreas florestadas na ZATF são relativamente pequenas, tratando-se mais de pequenos bosques do que propriamente de manchas florestais. Mas refira-se que nem sempre é assim, como no Planalto Mirandês onde há projectos de agrupamentos de produtores com centenas de hectares contínuos [...] ” [3].*

A florestação de terras agrícolas constitui uma nova ocupação do território pela floresta privada de proprietários com áreas, muitas vezes, de reduzida dimensão. Dada a constante saída de produtores da atividade agrícola e a dificuldade em operar nesta atividade com áreas reduzidas e muito divididas, os incentivos à florestação de terras agrícolas aparecem como uma oportunidade de valorização das terras sem grandes custos de investimento.

Um técnico da empresa florestal, Floresta Verde, que opera regionalmente, em entrevista que realizámos, referiu que os proprietários florestais que procedem à florestação de terras agrícolas da zona de Miranda do Douro, se inserem em diferentes modalidades de relacionamento com a terra e com a atividade agrícola: *“Há diversos tipos de proprietários. Há os que florestam tudo porque não estão cá, ou têm uma atividade que não lhes permite acompanhar os terrenos; alguns florestaram mesmo só para saberem onde é que eram as terras; havia muitos que tinham as propriedades mas não sabiam onde é que estavam, então a floresta obrigou-os a saber onde é que eram os marcos, e depois ficaram com um cadastro geométrico, com o levantamento de cada prédio. Há os proprietários que só florestaram aqueles prédios que distavam da exploração e que eram os mais pobres, que não produziam nada. Estes, para além da exploração agrícola têm o complemento da exploração florestal. A maioria destes proprietários florestais tem entre 50 e 60 anos; muitos (a maioria) são reformados; muitos têm filhos em Lisboa ou no Porto e o que os levou a florestar foi dizerem assim: – O meu filho nunca mais vai olhar para isto portanto, pelo menos, vou deixar-lhe aqui a floresta que algum dia terá o seu valor. Normalmente grande parte dos proprietários, é isso. Outros mantêm a exploração agrícola, e tinham esses prédios alugados, arrendados, mas as rendas eram tão baixas, começaram a fazer contas e acharam que compensava florestar, porque em arrendamento ninguém lhes dá 40 contos/ha como a floresta lhes poderia dar. Para além de um valor futuro que poderão vir a constituir.”*

A tipificação dos indivíduos que se candidataram a projetos de florestação de terras agrícolas, avançada no depoimento acima transcrito, além de referir os abstencionistas dá particularmente importância a indivíduos de idade superior a 50 anos. Em parte este registo remete para o envelhecimento da população residente na região bem como para o expressivo envelhecimento da população ativa agrícola já anteriormente referido. No entanto, uma vez que investimentos em floresta não se reproduzem a curto prazo, seria de supor que indivíduos idosos e sem sucessor previsível para as suas explorações agrícolas não se interessassem pela atividade florestal.

É desta perplexidade que partimos para o estudo dos idosos em meio rural com florestação de terras agrícolas. Tentando compreender as suas motivações e os rendimentos gerados bem como o que eles representam no rendimento global destes proprietários.

Metodologicamente optou-se por recorrer à realização de uma inquirição fina a um conjunto relativamente restrito de casas/explorações de idosos que tenham floresta plantada no âmbito do programa de florestação de terras agrícolas. Recorreu-se a uma amostra total de 25 casos, a saber: 15 casos cuja florestação foi projetada pela empresa Floresta Verde, tendo neste caso a florestação sido realizada no concelho de Miranda do Douro; e 10 casos de proprietários associados da *Arborea* – a totalidade dos proprietários desta associação que à data de

inquirição (Inverno 2003/2004) tinham projetos de florestação de terras agrícolas aprovados e com as respetivas plantações executadas. Neste caso todos os projetos se situam no concelho de Vinhais. As duas organizações citadas facilitaram-nos o acesso aos idosos que procederam a ações de florestação.

### **1.1 Proprietários florestais e suas famílias: perfis e atividades**

Inicia-se a análise dos idosos proprietários florestais com uma breve caracterização dos indivíduos e das suas atividades do nosso universo de estudo.

Temos os indivíduos que sempre permaneceram mais ou menos ligados à atividade agrícola, e os que tendo cortado com ela, voltaram já reformados, aí se ocupando, uns na agricultura e na floresta, outros sobretudo nas atividades florestais. Os proprietários florestais sob análise podem assim, em função das atividades agrícolas praticadas, ser agrupados em dois tipos principais que incluem cada um sensivelmente metade dos inquiridos. Por um lado, temos os agricultores de profissão, que vêm agora complementada a sua atividade agrícola com as novas plantações florestais; por outro lado, há os indivíduos que, tendo cessado outras atividades profissionais, se vêm reinstalar em meio rural. A atividade agrícola que praticam (quando é o caso) resume-se à horta, ao cultivo de batatas e a uma capoeira. No primeiro tipo, a cessação da pecuária (ou a diminuição drástica do número de animais) determina o declínio de uma atividade forrageira antes pujante e diversificada, vindo a restringi-los também e fundamentalmente às atividades em torno de uma horta de consumo doméstico. A importância relativa das espécies plantadas no caso da florestação realizada na Terra Fria pela *Arborea* é distinta da situação encontrada no Planalto Mirandês, efetuada pela Floresta Verde. Na Terra Fria, que apresenta solos menos degradados, há um predomínio do castanheiro, enquanto no Planalto a espécie mais utilizada é o pinheiro bravo. No entanto, a área escolhida para inquirição no Planalto Mirandês compreende áreas particularmente adaptadas ao castanheiro e onde por isso esta espécie teve relevo particular na florestação sob análise. A importância do castanheiro e sobretudo a sua utilização para produção múltipla condicionará de modo distinto o trabalho dispendido por estes proprietários com as terras arborizadas.

Relativamente à descendência dos proprietários florestais (e.g., Fig.1), há os que residem mais perto, na aldeia de origem, onde estão agora os pais, ou noutras, adjacentes e por isso muito próximas, que representam cerca de 15% no universo dos filhos e abrangem 36% das casas inquiridas. Se se considerarem ainda os filhos residentes em diferentes sedes de concelho do Distrito de Bragança (estas são Bragança, Vinhais, Miranda do Douro e Vimioso), aumentam consideravelmente os proprietários cujos filhos vivem perto. Nesta aceção pode dizer-se que cerca de 42% dos filhos dos proprietários vivem relativamente perto. Por outro lado, 68% dos inquiridos tem descendentes (filhos e respetivos cônjuges e naturalmente netos) a residir nas proximidades da exploração agrícola e florestal, podendo assim implicar-se mais direta e assiduamente quer no trabalho a desenvolver nestas atividades, quer no apoio aos pais.

Dos restantes filhos, 37% trabalham e vivem noutras cidades, em Portugal e quase 20 % estão fora do país. Em cerca de 30% destas famílias, os pais residentes em meio rural não têm qualquer filho a viver relativamente perto, pelo que os contactos dos filhos ficam mais restritos ao telefone, às visitas dos pais que se deslocam aos locais onde vivem e à sua deslocação à casa paterna em determinadas épocas do ano, sobretudo nas férias.

A análise do interesse dos filhos, nestas situações, pelo património herdado e pela condução dos destinos da terra, não pode no entanto ser simplificada unicamente pela avaliação da proximidade da residência. De facto, o interesse de alguns tem expressão nas casas compradas na aldeia, na aprovação da opção de florestar como forma de preservação fundiária, nas visitas que fazem a este espaço, dele fruindo a par da visita feita aos pais. O que ressalta da análise dos dados recolhidos é que a proximidade de residência facilita o estreitar de laços com a atividade dos pais, promovendo uma assídua troca de serviços e ajudas entre as duas gerações em análise. A proximidade favorece também a ligação de facto ao meio rural, às suas questões e dificuldades.

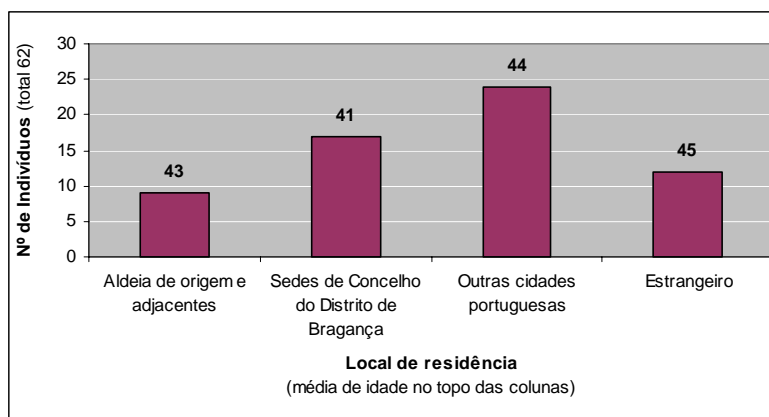


Figura 1 - Locais de residência dos filhos dos inquiridos

### 1.1.1 Proprietários com florestação de terras agrícolas apoiados pela Floresta Verde

A Floresta Verde, empresa ligada à plantação e manutenção da floresta, teve importante papel na transformação do território no planalto mirandês.

Centrando-nos nos atores da florestação, procurou traçar-se o perfil dos proprietários florestais da área em análise. Mais de 70% dos proprietários têm idade superior a 55 anos (e.g., Fig.2), sendo as classes de idade com maior expressão serem as que incluem indivíduos entre os 55 e os 64 anos, bem como a dos entre os 65 e 74. Estes dois grupos compreendem um conjunto de indivíduos já claramente em idade de reforma, e um outro, de reformados ou não, que se supõe ainda substancialmente ativo.

É ainda de salientar que menos de um quinto dos proprietários reside fora da região: no Litoral Norte (9%), na Região de Lisboa (7%), noutros países onde estão emigrados (3%), (e.g., Fig.3). Regista-se, no entanto, que a maior percentagem de área florestada corresponde a proprietários residentes nos concelhos de Miranda do Douro e Vimioso, que perfazem 74% do total da área florestada. Note-se que 10% desta é de proprietários que residem no Litoral Norte e apenas 5% de proprietários que residem na Região de Lisboa e noutros países.

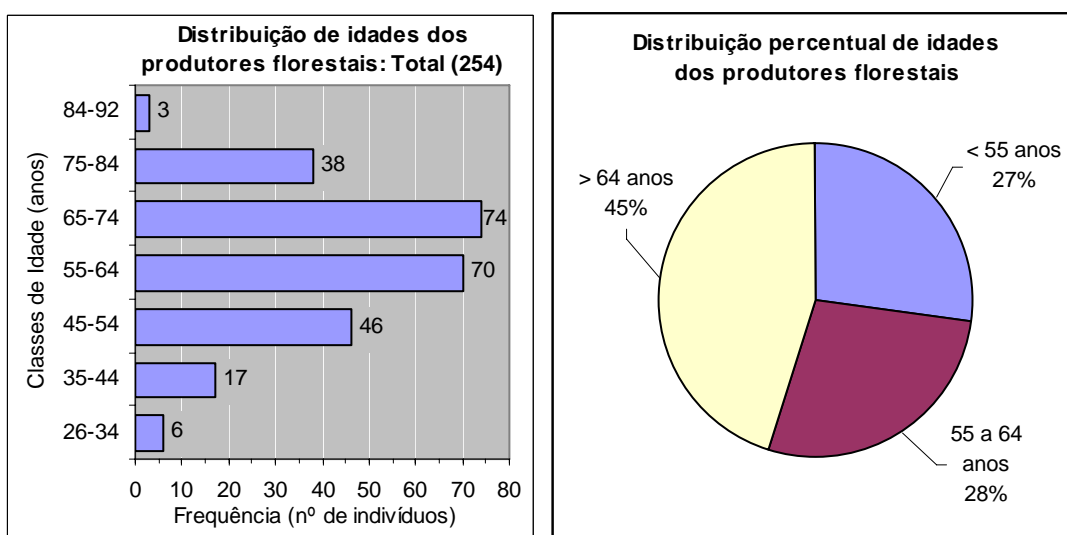


Figura 2 - Distribuição dos produtores florestais por classes de idade: valores absolutos e percentuais. Fonte: Floresta Verde.

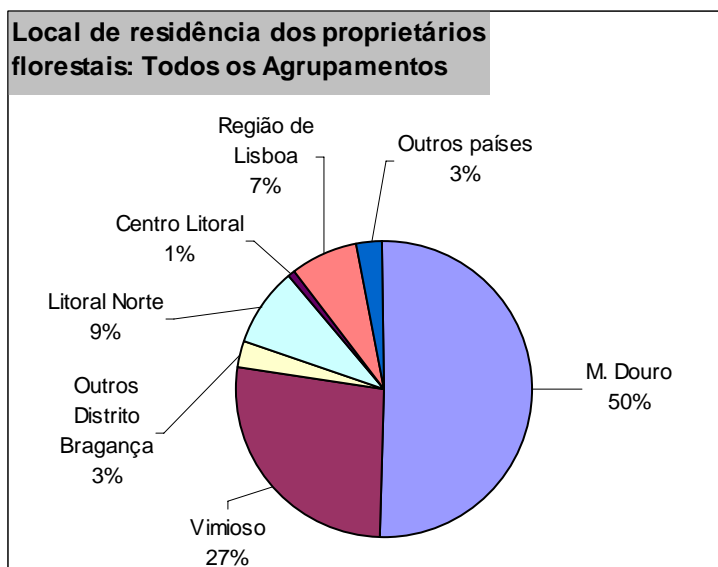


Figura 3 - Distribuição dos proprietários florestais por local de residência: valores percentuais. Fonte: Floresta Verde.

A tipologia de proprietários que optaram por florestar os seus terrenos no âmbito da florestação de terras agrícola que nos foi adiantada pelo técnico da Floresta Verde é quantitativamente comprovada no universo de análise escolhido. Há essencialmente dois tipos de proprietários: os que residem perto das áreas florestadas e aqueles cujos percursos de vida se desenrolam afastados da sua floresta. Os primeiros, tendencialmente de mais idade (muitos já reformados), pela proximidade estão muito mais ativamente comprometidos com a floresta plantada. Os segundos, mais novos, cuja atividade e a distância a que residem os mantém afastados, não têm por isso um contacto frequente com as plantações florestais efetuadas. No entanto, ressalvem-se neste grupo os que, apesar de estarem longe, mantêm ainda no território florestado alguém (em regra os familiares idosos, pais e avós) que, dada a proximidade trabalha, ou pelo menos vigia, as áreas florestadas.

### 1.1.2. A florestação de terras agrícolas da *Arborea*

A *Arborea*, Associação Florestal da Terra Fria Transmontana, foi uma das organizações com intervenção no terreno no domínio da florestação de terras agrícolas, cuja ação se estudou. O perfil dos associados com projeto de florestação de terras agrícolas é abordado em seguida, analisando-se sucessivamente estrutura de idades, local de residência, profissões.

Dos indivíduos que integraram a *Arborea* em 2002, mais de metade (55%) tem 55 ou mais anos e os indivíduos de 65 e mais anos representam mais de um quarto do total (e.g., Fig.4). A classe de idades com maior expressão é a de 55 aos 64 anos, mas os associados mais jovens estão aqui mais representados do que no caso anterior (Floresta Verde): indivíduos com 35 anos e menos são cerca de 30% do total. Em resumo, temos neste caso, a par da grande expressão do grupo de associados com mais idade, uma importância significativa de associados mais novos.

Retomando a questão do local de residência destes indivíduos e, ainda que indiretamente, da sua proximidade e ligação aos territórios arborizados e à atividade florestal, atentemos na Fig. 5. Há entre estes indivíduos um largo predomínio dos que residem localmente. Os que moram nos concelhos de Vinhais, Bragança e Vimioso (justamente os concelhos que constituem a área de intervenção da *Arborea*), perfazem 80% do total. Os restantes distribuem-se preferencialmente pela zona do Porto, e por países de emigração. Temos, assim, que os proprietários que integram esta associação residem predominantemente próximo dos territórios que estão já, ou virão a ser, florestados. No entanto, esta constatação encerra em si algumas nuances que convém explorar. De facto, entre os residentes dos três concelhos mais representados há os que vivem e trabalham em meio rural – nas diferentes aldeias e lugares, e têm por isso geralmente atividades ligadas à agricultura – e há aqueles que

vivem nas vilas e nas cidades dos referidos concelhos. Estes proprietários, em regra, trabalham no sector dos serviços. Em qualquer dos casos podem, mercê da proximidade, acompanhar as atividades ligadas à florestação.

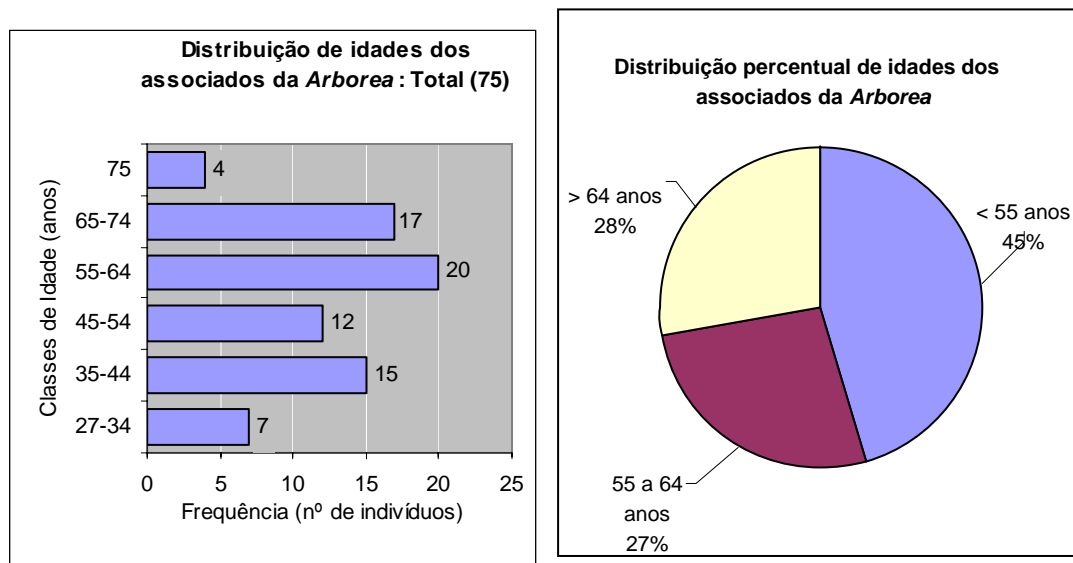


Figura 4 - Distribuição dos associados da Arborea por classes de idade: valores absolutos e percentuais. Fonte: Arbórea.

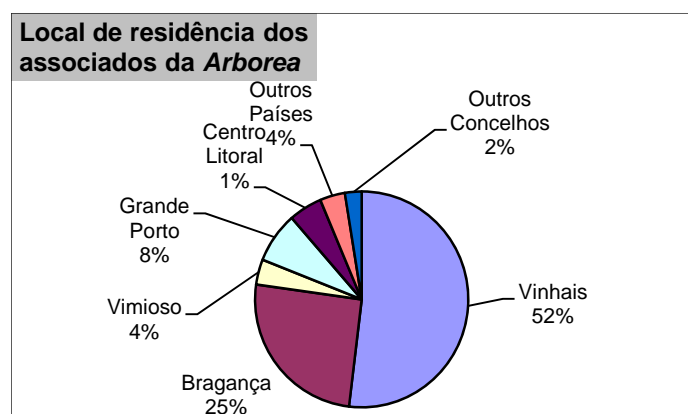


Figura 5 - Locais de residência dos associados: distribuição percentual

Admitimos como plausível a hipótese de que estes dois grupos se constituíam como dois pólos das relações intergeracionais de “famílias rurais”: os mais velhos, trabalhando na agricultura e os mais novos, residindo e trabalhando em cidades próximas. Estes últimos, estariam apostados na preservação e rentabilização do património fundiário que esperam vir a herdar. No primeiro caso, são os ainda detentores do património fundiário, com mais idade, que se fazem sócios da Arborea; no segundo, é a geração dos filhos ou dos netos, nem sempre residente em meio rural, e naturalmente mais à vontade com a burocracia associada às candidaturas a projetos de financiamento, que integra a Arborea. Tomam assim em mãos algumas das decisões de gestão do património que, regra geral, é ainda propriedade dos mais velhos. Porventura, em ambas as situações, o que se configura são modalidades de gestão/decisão do património fundiário da família, entendida esta nas suas múltiplas formas de dispersão no espaço e no tempo [4].

## 1.2 Rendimento gerado pela florestação de terras agrícolas

O propósito geral da reflexão deste ponto é avaliar os rendimentos gerados por esta floresta próxima de pessoas residentes nas aldeias e, em muitos casos, ainda ativas na agricultura. Recordemos que se trata de áreas

florestadas que ocupam terrenos agrícolas. Abordaremos a questão dos rendimentos auferidos através dos subsídios previstos por esta medida de política.

### **1.2.1 O subsídio à perda de rendimento**

Na abordagem dos rendimentos gerados pela floresta, pareceu-nos importante analisar mais em pormenor os rendimentos gerados no âmbito da medida de florestação de terras agrícolas. De facto, através desta análise melhor se compreenderão as razões subjacentes à decisão de florestação por parte de um número considerável de indivíduos que, pela sua idade, não esperam vir a poder usufruir dos rendimentos gerados pela atividade florestal, que estarão disponíveis apenas muitos anos após a plantação.

A Arborização de Terras Agrícolas prevê um financiamento das plantações a 90% ou a 100% do total do investimento projetado, bem como a atribuição de uma subvenção que visa financiar os cuidados iniciais que garantam um bom estabelecimento do povoamento florestal, por um período de cinco anos após a plantação. Trata-se da designada subvenção à manutenção. Por fim, temos o prémio atribuído para compensar a perda de rendimento, ocorrida pela cessação das atividades agrícolas. Este prémio, variável segundo o tipo de beneficiário e da espécie utilizada na florestação, é pago por períodos também variáveis, em função do regime de exploração adotado, situando-se entre 10 e 20 anos. O prémio assume valores entre 200 e 250 euros /ha/ano. De seguida, no sentido de tentar perceber quão significativo poderia ser o dito prémio no rendimento global dos proprietários florestais idosos, comparámo-lo com os valores provenientes das reformas que auferem. A opção de padronizar esta comparação com as pensões de velhice prende-se com o facto de praticamente todos os indivíduos incluídos na análise serem já reformados, ou estarem em situação próxima. Note-se que a idade média dos inquiridos é 69 anos.

Na Fig. 6 procuramos representar o rendimento obtido pela compensação à perda de rendimento de acordo com o número de hectares florestados. Assumimos que o valor médio de compensação à perda de rendimento seria de 200 euros por hectare e ano, bem como várias situações familiares-tipo, resumidas em padrões de reforma atribuídos. Consideramos três situações-tipo: a reforma auferida por um indivíduo na agricultura (que corresponderá aos indivíduos viúvos); um casal em que ambos são reformados da atividade agrícola; outro casal que combina uma reforma da agricultura com outra de membro não graduado da GNR ou PSP. Todas estas situações estão representadas pelas três retas na Fig. 6.

Tendo representado em abcissas a área florestada, à qual se pode fazer corresponder um valor de compensação à perda de rendimento, pudemos de seguida facilmente chegar à proporção que esse valor representa nas reformas pré-estabelecidas, por intersecção com as retas e posterior leitura em ordenadas da respectiva percentagem da reforma que é conseguida com a subvenção mencionada.

As áreas médias, máximas e mínimas florestadas no nosso universo de inquirição (7,75ha, 35,72ha e 2,41ha respetivamente) aparecem também representadas nas três retas verticais da Fig.6, assim se estabelecendo os limites do domínio inquirido.

O que esta análise nos permite estimar é que a subvenção à perda de rendimento tem significado quando relativizada face ao montante anual das reformas auferidas. De facto, numa família em que o casal tenha reformas da agricultura, uma área florestada de cinco hectares garantirá um rendimento anual que representa 20% do montante das reformas; se a área de floresta for de dez hectares, esta percentagem sobe para cerca de 40%. Em situações em que exista apenas uma reforma (também da atividade agrícola), este rendimento anual da floresta terá um significado muito mais importante, representando já, para cinco hectares florestados, 40% do valor anual da reforma, e 80% no caso de se florestarem dez hectares de terrenos agrícolas.

Quando as pensões são maiores, o que na nossa análise se sintetiza na recta correspondente a um casal de reformados, um da agricultura e outro membro não graduado da GNR ou PSP, a expressão do valor conseguido com a florestação é menor: cerca de 5% para cinco hectares e 10% com dez hectares de floresta.

Muitas outras situações poderão verificar-se na realidade, mas esta abordagem tipificada permite contabilizar valores que, como vimos, em qualquer dos casos são significativos, sobretudo para os menores valores de reforma, mesmo se as áreas florestadas forem tão reduzidas quanto 5 ha. O ponto assinalado no gráfico

corresponde a um caso em que tivemos acesso ao valor exato do montante das reformas auferidas: duas da agricultura, a que é acrescida uma outra oriunda da emigração. Para este montante, dada a dimensão da área florestada (cerca de 35 hectares), obtêm-se um contributo do rendimento anual com a subvenção da floresta que representa cerca de 120% do valor das reformas. Uma última nota que é importante frisar: apesar do significado dos rendimentos gerados pela floresta quando comparado com o montante das pensões de reforma destes proprietários florestais residentes em meio rural, convirá ter em conta o valor destes montantes, sob pena de se concluir que esta medida de política leva ao enriquecimento dos referidos proprietários da terra. De facto, o que aqui está em causa são montantes de reforma baixos, nuns casos, e nos casos mais favoráveis não muito altos, que habilmente se complementam com um rendimento anual da floresta, cujas áreas nunca são superiores a 40 ha.

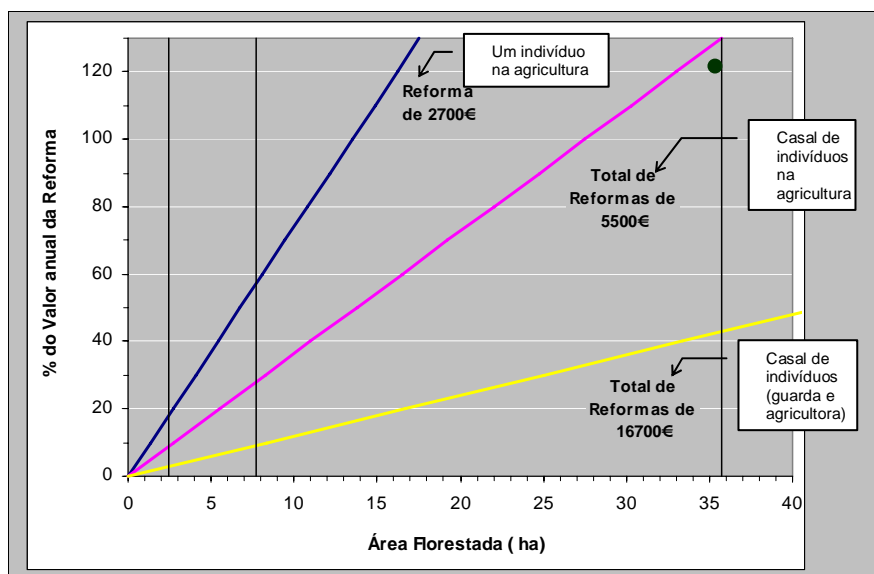


Figura 6 - Reforma e área de florestação de terras agrícolas. Nota: o ponto corresponde a caso em que o montante das reformas (duas da agricultura, acrescidas de uma da emigração), a área florestada e o rendimento anual com a subvenção da floresta são conhecidos. As linhas verticais representam as áreas médias e extremas do conjunto inquirido.

Como vimos ao longo desta exposição, parte desta subvenção ou é já, ou muito provavelmente será, em parte reinvestida na manutenção das áreas florestadas. Pode assim dizer-se que, para estes pensionistas na terra, o rendimento da subvenção da florestação de terras agrícolas constitui tanto mais um aumento ao rendimento das famílias, quanto mais trabalho direto estas quiserem ou puderem ainda assegurar.

Em suma, os subsídios à manutenção configuram um complemento importante nos montantes anuais auferidos por estes proprietários idosos residentes em meio rural. A despeito de outras motivações tais como a diminuição do trabalho a realizar e marcação do património fundiário, que não fica abandonado apesar da cessação de atividade agrícola, a decisão de florestar parece estar também associada a possibilidade de aumentar algo significativamente o rendimento.

#### Referências

- [1] Cordovil, Francisco e Dimas, B., Alves., Baptista, D., (2003). *A Política Agrícola e Rural Comum e a União Europeia. Factos e políticas, futuro e opções*. Principia. Cascais.
- [2] Baptista, F., Santos, R., (2005). *Os Proprietários Florestais*. Celta Editora. Oeiras.
- [3] Baptista, A, (1999). *Política Agrícola, Propostas Técnicas de Desenvolvimento Agrário e Rural em Trás-os-Montes – dos anos trinta aos noventa*. Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 488 pp.+ Anexos.
- [4] Nobre, S., (2001). "Multifuncionalidade dos espaços rurais – os pontos de vista de um grupo de “urbanos ex-rurais”, em Trás-os-Montes”. Actas do IV Colóquio Hispano-Português de Estudios Rurales La Multifuncionalidad de los Espacios Rurales de la Península Ibérica, Santiago de Compostela.

# **Irradiação gama e feixe de electrões: uma alternativa viável no tratamento pós-colheita e promotora da qualidade da castanha**

Amilcar L. Antonio, João C.M. Barreira, Márcio Carochó, Albino Bento,  
Isabel C.F.R. Ferreira

Centro de Investigação de Montanha / Escola Superior Agrária  
Instituto Politécnico de Bragança, 5301-855 Bragança  
bento@ipb.pt

*Resumo* – Desde tempos imemoriais que em Trás-os-Montes se consomem castanhas, nomeadamente como substituto da batata. Sendo esta região produtora de cerca de 75% das castanhas nacionais, é necessário encontrar uma alternativa ao tratamento pós-colheita de desinfestação por fumigação com brometo de metilo, banido em 2010 na União Europeia, por ser tóxico para os manipuladores e poluente para o ambiente. Desde então outras técnicas têm sido testadas, designadamente a imersão em água quente. Este tratamento apresenta algumas desvantagens, em particular as associadas ao contacto do fruto com a água. Assim, a irradiação de castanhas poderá ser uma tecnologia promissora, já regulamentada e utilizada em todo o mundo em diversos produtos alimentares. O nosso grupo de investigação já efectuou estudos de qualidade alimentar em castanhas irradiadas. Numa primeira fase foi utilizada radiação gama com doses baixas de 0,25 e 0,50 kGy e, numa segunda fase, com doses superiores, 1 e 3 kGy. As castanhas após serem irradiadas foram armazenadas durante 0, 30 e 60 dias a 4 °C e posteriormente analisadas. Os resultados foram satisfatórios, tendo sido preservados vários parâmetros nutricionais e moléculas individuais como açúcares, ácidos gordos e tocoferóis. Em 2012, o nosso grupo testou ainda a irradiação com feixe de electrões, nas mesmas doses e tempos de armazenamento. Os resultados foram bastante semelhantes à radiação gama no que concerne à preservação dos parâmetros acima descritos. Globalmente, o tempo de armazenamento parece influenciar mais a qualidade nutricional do que qualquer uma das radiações e doses utilizadas, pois verificaram-se alterações significativas após 30 e 60 dias de armazenamento, provando que a radiação pode ser bastante eficaz no tratamento pós-colheita da castanha e não alterando significativamente os parâmetros nutricionais.

*Palavras-chave:* castanhas, irradiação gama, feixe de electrões, qualidade nutricional

## **1 Introdução**

A produção mundial de castanha está estimada em 1,9 milhões de toneladas, distribuídas por uma superfície de aproximadamente 500 000 ha. A Europa é responsável por cerca de 12% dessa produção, com relevância para Itália e Portugal, com uma contribuição de 4 e 3%, respectivamente [1]. A castanha da região Norte ocupa 88% da área nacional de produção, correspondendo a 14 554 ton (81% da produção nacional), consumida em fresco ou processada, destinada ao mercado nacional (15%) e internacional (85%), sendo o fruto com maior significado na balança de importações/exportações frutícolas nacionais com valores de exportação de cerca de 6 vezes superiores à importação [2]. Devido ao seu elevado potencial comercial, o governo Português tem incentivado a produção de castanha, sendo considerada uma fileira estratégica pelo Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas.

Após colheita e armazenamento deste fruto podem surgir problemas, tais como a presença de pragas e o desenvolvimento de microrganismos, nomeadamente fungos de apodrecimento e produtores de micotoxinas. Estes factos conduzem a uma diminuição da qualidade e segurança do produto, resultando num decréscimo do rendimento ao longo da fileira de produção. A fumigação química com brometo de metilo (MeBr) foi, até muito recentemente, uma das técnicas mais usadas no tratamento pós-colheita deste fruto para desinfestação. No entanto, tratando-se de um produto tóxico para a saúde humana e para o ambiente, foi recentemente proibida a sua utilização pela legislação Europeia (em Março de 2010), em cumprimento do Protocolo de Montreal. Como tal, tornou-se imprescindível encontrar uma solução viável para tratamento pós-colheita da castanha, que cumpra as normas de segurança alimentar, mantenha a qualidade do produto e que permita o seu armazenamento e comercialização durante períodos mais longos. Nessa conformidade, pretendeu-se testar a técnica de irradiação, já utilizada industrialmente em vários países em diversos produtos alimentares, como

uma solução promissora e mais amiga do ambiente. Outros tipos de tratamento, como a utilização de água quente, são pouco eficazes e apresentam alguns problemas tecnológicos, designadamente o contacto do fruto com a água, favorecendo o aparecimento de fungos. Assim, a proibição da utilização do MeBr sem alternativas tecnológicas viáveis, é de momento uma preocupação dos industriais do sector, por trazer a perda de mercados importantes para a exportação deste fruto.

Até agora, pouco trabalho foi feito em irradiação de castanha europeia e, em particular, nas variedades portuguesas não existe nenhum estudo científico que permita validar a utilização desta técnica de conservação. Desta forma, o presente estudo pretendeu encontrar soluções para os problemas enumerados, analisando-se a viabilidade da utilização da irradiação como técnica de substituição da fumigação. Para tal, numa primeira fase foi avaliado o efeito nas características nutricionais do fruto, de forma a precaver uma possível perda de qualidade e consequente rejeição por parte do consumidor, o que se traduziria numa diminuição significativa dos lucros dos transformadores deste fruto.

### **1.1 A irradiação como técnica de conservação e desinfestação**

A utilização da irradiação em alimentos, como técnica de conservação e desinfestação, tem sido testada com sucesso em diversos produtos alimentares e está regulamentada pela Directiva Europeia 1999/2/EC [3]. Esta é já uma prática industrial corrente em alguns países da União Europeia (UE), com a existência de unidades industriais licenciadas para o tratamento de diversos produtos alimentares [4].

Os principais estudos sobre irradiação em castanha foram executados em variedades asiáticas. Até agora, pouco trabalho foi feito em irradiação de castanha europeia e, em particular nas variedades portuguesas, não existe qualquer estudo científico que permita validar a utilização desta técnica na sua conservação [5].

A dose de radiação é medida em kilogray (kilojoule por kilograma), e é aplicada introduzindo as amostras numa câmara contendo uma ou mais fontes de Cobalto-60, no caso da irradiação gama, durante o tempo necessário para atingir a dose pretendida. A irradiação também pode ser aplicada utilizando feixes de electrões. Neste caso, o produto passa num tapete rolante debaixo de um feixe de electrões com energia considerável (habitualmente 10 MeV, megaelectrão-volt), em que a velocidade no tapete e a quantidade de produto é ajustada à energia do feixe e à dose pretendida.

A irradiação é utilizada para diversos fins industriais (esterilização de material médico, tratamento de águas residuais por eliminação da carga microbiana, etc.). Nos alimentos, esta tecnologia é usada para inibir a germinação (doses inferiores a 1 kGy), atrasar a maturação dos frutos ou eliminar insectos (1 a 5 kGy) e eliminar ou diminuir a presença de fungos (doses até 10 kGy) [6]. São ainda utilizadas doses superiores para tratamento de alimentos destinados a pessoas com um sistema imunitário deficitário (imunodeprimidos) ou nos alimentos destinados a astronautas.

Esta tecnologia é já utilizada em diversos países de todos os continentes, carecendo contudo a sua utilização de um processo de licenciamento. Em Março de 2011, na União Europeia existiam instalações autorizadas em 13 países, tais como Espanha, França, Reino Unido, Hungria, e Polónia, para alimentos tais como: cebolas, alhos, cogumelos, especiarias secas, cogumelos secos, produtos hortícolas secos, cereais, ervas aromáticas, entre outros. A lista mais recente das instalações aprovadas para o tratamento de alimentos e ingredientes alimentares por radiação ionizante nos Estados-Membros encontra-se publicada no Jornal Oficial da UE de 25 de Janeiro de 2012 [4].

O facto desta tecnologia ser uma técnica comercial e aplicada a diversos produtos alimentares com êxito acaba por ser um bom indicador da comprovação dos seus efeitos, muito embora no caso da castanha esta se encontre ainda numa fase inicial (actualmente em fase de testes), mas com potencial para ser lançada comercialmente. Este potencial emana dos resultados obtidos em ambiente laboratorial em castanhas de variedades europeias, de origem Portuguesa e Turca, devendo os ensaios progredir para as centrais de processamento de castanha. As empresas do sector têm-se mostrado receptivas à ideia. Além disso, a viabilidade da tecnologia, utilizada em outros países para outros produtos alimentares, poderá levar à criação de uma unidade industrial que permita processar não só a castanha como outros produtos agro-alimentares.

Actualmente, na desinfestação da castanha exportada é utilizado o tratamento com águas quentes, que tem algumas limitações tecnológicas, pelo contacto do alimento com a água, a qual poderá favorecer o desenvolvimento de fungos. Para além disso há custos energéticos consideráveis inerentes ao aquecimento da água e ao conseqüente processo de secagem. Para resolver esta necessidade tecnológica das indústrias associadas à comercialização da castanha, é imperativo estudar a viabilidade tecnológica de um processo alternativo, versátil, podendo ser aplicado à castanha, se viável, e a outros produtos alimentares da região, cuja autorização de uso já existe para outros países na União Europeia.

Um relatório conjunto do Fundo das Nações Unidas para a Agricultura (FAO), da Organização Mundial de Saúde (OMS) e da Agência Internacional da Energia Atómica (AIEA), de 1981, revendo várias centenas de estudos científicos ao longo de 20 anos, considerou que os alimentos irradiados até à dose de 10 kGy não ofereciam qualquer perigo para o consumidor o que levou à incorporação destas recomendações numa norma do *Codex Alimentarius*, entretanto actualizada para considerar valores superiores a 10 kGy, por esta limitação estar obsoleta do ponto de vista científico [7]. Apesar disso, o debate na opinião pública tem-se mantido activo, fruto talvez da pouca informação disponibilizada pelas autoridades a quem caberia essa tarefa e do escasso envolvimento da comunidade científica.

A renitência de alguns consumidores em adquirir produtos processados por irradiação está associada ao facto de considerarem que esta pode induzir radioactividade no alimento ou que a radiação (“luz”) de algum modo fica dentro, aprisionada no alimento.

Se o segundo argumento é obviamente absurdo, relativamente ao primeiro deve ser esclarecido que as energias utilizadas no processamento, cerca de 1 MeV na radiação gama, e até 10 MeV no feixe de electrões, não é suficiente para induzir radioactividade no alimento. Para tal acontecer, a energia utilizada deveria ser suficiente para perturbar o núcleo dos átomos, o que não é o caso. Esta tem energia suficiente apenas para interferir com as ligações químicas ou ionizar os átomos e moléculas.

A União Europeia ainda mantém na legislação a obrigatoriedade dos alimentos processados por esta tecnologia ter uma etiqueta própria, no entanto há outros países que estão a alterar este paradigma, considerando que qualquer que seja o processamento do alimento este deve ser seguro para o consumidor, não exigindo um rótulo com indicação específica do tipo de tratamento efectuado.

## 1.2 Aplicação ao caso particular da castanha

Sendo Portugal um importante exportador deste fruto (em 2011, foram exportadas cerca de 7 000 ton, o que resultou em cerca de 16 milhões de Euros) [2], a inexistência de uma técnica adequada de conservação, pode inviabilizar a exportação para mercados com importância económica, resultado da perda de qualidade do fruto e/ou da proibição de entrada no país importador devido à presença de pragas. A curto-prazo dever-se-á:

- otimizar o processo de irradiação de forma a preservar as características da castanha para consumo em fresco ou transformadas;
- garantir a segurança alimentar do produto;
- estabelecer um processo que permita aumentar os ganhos de todos os agentes económicos envolvidos na comercialização deste tipo de produto;
- minimizar o impacto ambiental resultante da utilização de uma técnica que não deixa vestígios tóxicos. O MeBr tem um ODP (*ozone depleting potential*) estimado em 0,40. A tecnologia proposta neste projecto é amiga do ambiente, não tendo estes efeitos colaterais.

## 2 Resultados

Os efeitos da irradiação na composição dos alimentos podem manifestar-se por uma acção directa nos glúcidos, proteínas, lípidos e outros compostos, ou por uma acção indirecta mediada por intermediários reactivos formados na radiólise da água. Numa matriz multi-complexa como os alimentos, os componentes constituintes exercem um certo grau de protecção mútua e assim, a extensão das alterações em cada componente individual é reduzida. É também de realçar que as alterações radiolíticas que ocorrem nos alimentos não são mais significativas que as alterações produzidas por outras tecnologias de processamento alimentar [8].

## 2.1 Composição química

De forma a obter informação sobre o potencial efectivo da irradiação como técnica de conservação da castanha, o efeito da aplicação de diferentes doses, quer de irradiação gama, quer de feixe de electrões, tem sido avaliado considerando a sua interacção com o tempo de armazenamento.

Num primeiro estudo de avaliação do efeito ao longo do tempo (0, 30 e 60 dias) de baixas doses (0; 0,27 e 0,54 kGy) de irradiação gama sobre os teores das principais moléculas [9], foi evidente a maior influência do tempo de armazenamento (Fig. 1), quando comparada com as alterações induzidas pela dose de irradiação. Verificou-se ainda que a irradiação aplicada não afectou de forma significativa os perfis de açúcares e ácidos gordos, causando alterações relevantes apenas nos tocoferóis (Fig. 2), que apresentaram valores superiores nas amostras submetidas a irradiação, provavelmente devido a alguma degradação desta vitamina causada pela presença de maior quantidade de oxigénio molecular nas amostras não irradiadas.

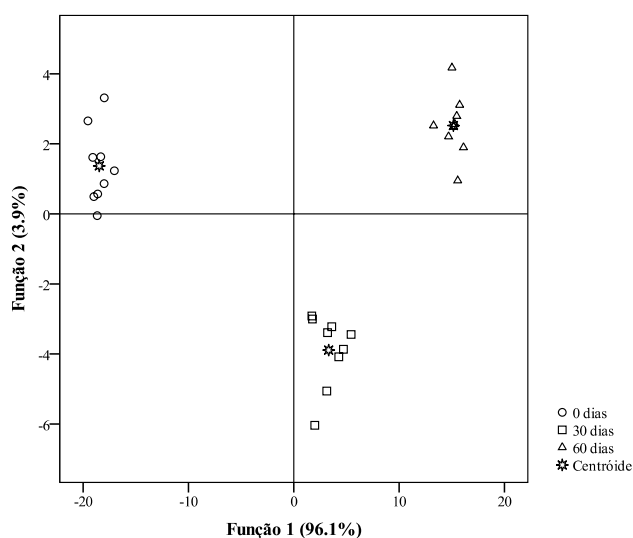


Figura 1. Coeficientes das funções discriminantes definidas com base no perfil de ácidos gordos para o efeito do tempo de armazenamento.

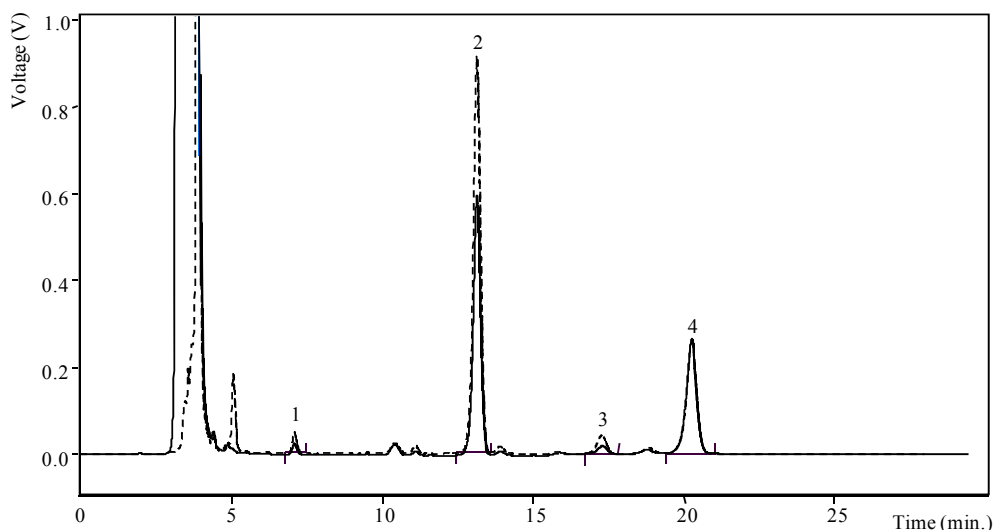


Figure 2. Perfil de tocoferóis para uma amostra não irradiadas (—) e uma amostra irradiada com 0,54 kGy (- - -) após 60 dias de armazenamento. 1-  $\alpha$ -Tocoferol; 2-  $\gamma$ -tocoferol; 3-  $\delta$ -tocoferol e 4- tocol (padrão interno).

Num outro estudo [10], foi avaliado o efeito da aplicação de diferentes doses de irradiação gama (0; 0,25; 0,50; 1,00 e 3,00 kGy) sobre a qualidade nutricional (humidade, gordura, proteínas, cinzas, hidratos de carbono e valor energético) e alguns dos principais compostos (sacarose, ácido palmítico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido linolénico e gama-tocoferol). Os resultados obtidos indicaram que a irradiação não afectou de forma significativa os parâmetros químicos e nutricionais avaliados. Na verdade, o efeito induzido pelo tempo de armazenamento causou alterações bastante mais apreciáveis nos mesmos parâmetros. Como pode aliás ser verificado pelos resultados da análise discriminante linear (Fig. 3 A, B), as alterações induzidas pelo tempo levaram a uma separação mais definida dos resultados correspondentes a cada uma das condições ensaiadas.

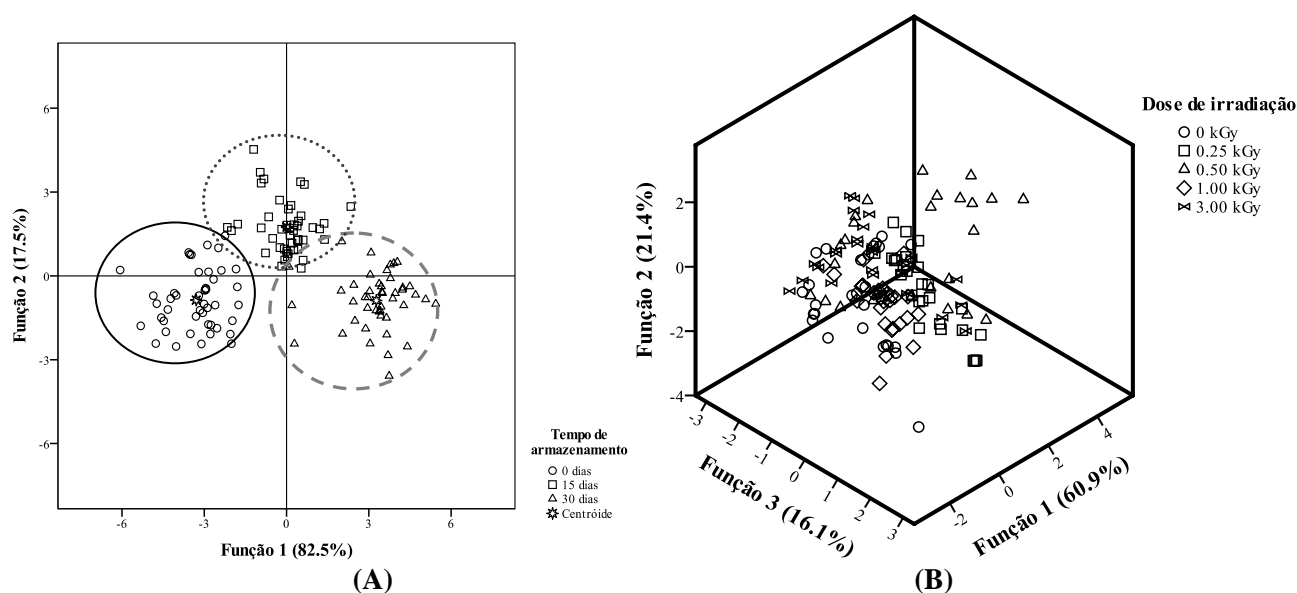


Figura 3. Coeficientes das funções discriminantes definidas com base nos parâmetros nutricionais e compostos individuais maioritários para o efeito do tempo de armazenamento (A) e dose de irradiação (B).

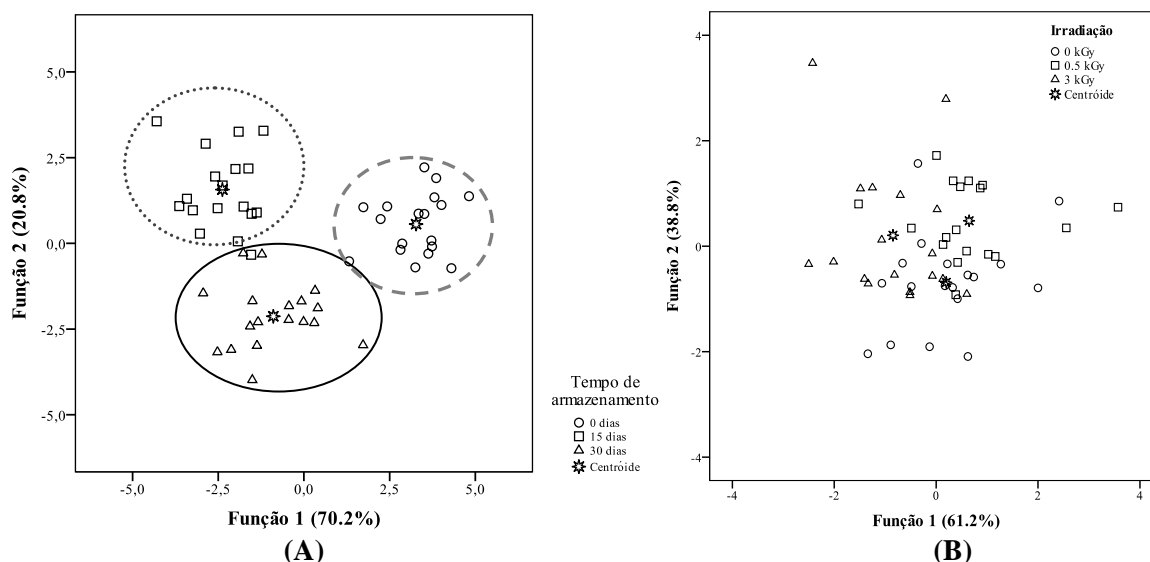


Figura 4. Coeficientes das funções discriminantes definidas com base no perfil em ácidos gordos para o efeito do tempo de armazenamento (A) e dose de irradiação (B) em cultivares de castanha com origem na Turquia.

Num estudo similar [11], em que os efeitos de diferentes (0; 0,5 e 3,0 kGy) doses de irradiação gama e diferentes tempos de armazenamento (0, 15 e 30 dias) foram avaliados utilizando cultivares de castanha com

origem na Turquia, os resultados obtidos foram coerentes com os anteriores. De facto, o tempo de armazenamento causou alterações mais significativas nos perfis nutricionais, açúcares, ácidos gordos (Fig. 4A, B) e tocoferóis.

Também a análise do efeito por irradiação com feixes de electrões [12] produziu resultados semelhantes. Considerando o efeito do tempo de armazenamento e da dose de irradiação sobre os níveis de ácidos gordos, tocoferóis, açúcares e parâmetros nutricionais, as alterações verificadas são ainda menos evidentes do que as resultantes da aplicação da irradiação gama. O efeito induzido pelo tempo de armazenamento foi novamente superior ao verificado para a irradiação, tal como pode ser verificado na Tabela 1 pelos valores de prova ( $p < 0,05$ ) mais significativos no caso do tempo de armazenamento.

Tabela 1. Parâmetros nutricionais da castanha armazenada por diferentes períodos (T) e submetida a diferentes doses de irradiação (D) por feixe de electrões.

	Matéria seca (g/100 g fw)	Gordura (g/100 g dw)	Proteína (g/100 g dw)	Cinzas (g/100 g dw)	Hidratos de carbono (mg/100 g dw)	Valor energético (kcal/100 g dw)	
T	0 dias	58±3	3±1 a	6±2	1,8±0,4	89±2	409±4 a
	30 dias	56±5	3±1 a	6±2	2±3	89±3	408±12 ab
	60 dias	71±5	2±1 b	5±2	2,0±0,3	91±2	404±4 b
	$p$ (n=45)	<0,001	<0,001	0,050	0,949	0,003	0,012
D	0,0 kGy	63±7	2,7±0,5 b	5±2	1,8±0,5	90±2	407±4
	0,5 kGy	62±9	2,8±0,4 b	5±2	1,7±0,5	90±2	407±6
	1,0 kGy	63±6	3,0±0,5 ab	5±2	1,9±0,3	90±2	408±4
	3,0 kGy	60±7	3,4±0,5 a	5±2	3±4	89±4	406±15
	6,0 kGy	60±10	2,8±0,5 b	5±2	1,6±0,3	90±2	408±5
	$p$ (n=27)	0,144	0,011	0,973	0,351	0,391	0,983
T×D	$p$ (n=135)	0,021	0,060	0,023	0,385	0,033	0,478

## 2.2 Actividade antioxidante

Tal como nos resultados correspondentes à composição química, o tempo de armazenamento (Fig. 5) está associado a maiores alterações na actividade antioxidante quando comparado com a dose de irradiação [13]. A aplicação de irradiação gama demonstrou ser vantajosa para os métodos de actividade antioxidante testados, provavelmente pelo aumento na disponibilidade de antioxidantes tais como os compostos fenólicos, que antes da irradiação se encontravam ligados à parede celular.

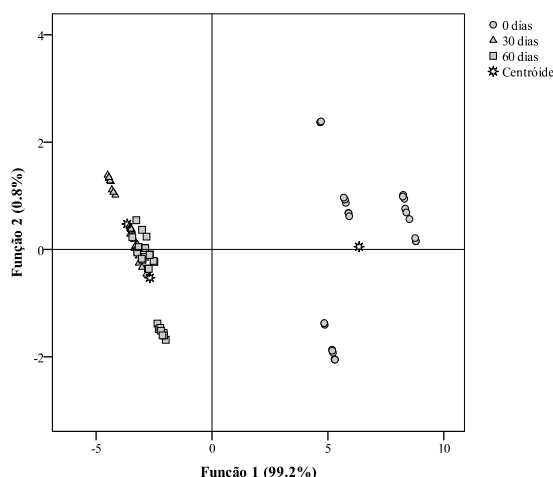


Figura 5. Coeficientes das funções discriminantes definidas com base nos resultados de actividade antioxidante para o efeito do tempo de armazenamento.

## 3 Conclusões gerais

As doses e tipos de irradiação testados, radiação gama e feixe de electrões, parecem constituir uma alternativa de tratamento promissora, sem afectar o perfil composicional dos principais nutrientes nem o seu potencial antioxidante.

Além das características inovadoras referidas anteriormente, há outras mais-valias não quantificáveis inerentes à tecnologia proposta: aceitação por parte do consumidor pela melhoria da qualidade do produto oferecido; redução de custos de produção; possível aplicação a outros produtos alimentares com grande impacto no nosso país, em particular na região norte, tais como cogumelos, amêndoa e plantas aromáticas.

#### Agradecimentos

O presente estudo teve por base um projecto nacional com o apoio de fundos do QREN - Quadro de Referência Estratégico Nacional (Projecto QREN 13198/2010, ON.2, UE) e está ainda inserido na rede de I&DT europeia EUREKA (CHESTNUTSRAD Projecto nº 7596), contando com a participação da Polónia, onde foram realizadas as irradiações com feixe de electrões, numa unidade industrial certificada e com longa experiência em irradiação de alimentos para o mercado local. Os membros da equipa de investigação agradecem às entidades referidas o apoio financeiro prestado.

#### Referências

- [1] FAOSTAT, 2010. <http://faostat.fao.org> (acedido em Outubro de 2012).
- [2] Instituto Nacional de Estatística, 2012. *Estatísticas Agrícolas 2011*, ISBN 978-989-25-0155-0.
- [3] Directiva 1999/2/EC. Relativa à aproximação das legislações dos Estados-membros respeitantes aos alimentos e ingredientes alimentares tratados por radiação ionizante. *Jornal Oficial da União Europeia L 66*, 13.3.1999, p. 16.
- [4] UE, 2012. Lista das instalações aprovadas para o tratamento de alimentos e ingredientes alimentares por radiação ionizante nos Estados-Membros. *Jornal Oficial da União Europeia C 20*, 25 de Janeiro, p. 6-9.
- [5] Antonio, A.L., Caroch, M., Bento, A., Quintana, B., Botelho, M.L., Ferreira, I.C.F.R. (2012). "Effects of gamma radiation on chestnuts biological, physico-chemical, nutritional and antioxidant parameters- A Review". *Food and Chemical Toxicology* 50 (9): 3234-3242.
- [6] AIEA, 2002. Dosimetry for Food Irradiation. *Technical report series, 409*. Viena, Áustria: Agência Internacional da Energia Atómica. ISBN 92-0-115502-6, 168 pp.
- [7] OMS, 1999. Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. *WHO technical report series: 890*. Geneva, Switzerland. ISBN 92 4 120890 2, 204 pp.
- [8] Nazzaro, M. Barbarisi, C., La Cara, F., Volpe, M.G., 2011. Chemical and biochemical characterisation of an IGP ecotype chestnut subjected to different treatments. *Food Chemistry* 128: 930-936
- [9] Fernandes, A., Antonio, A.L., Barros, L., Barreira, J.C.M., Bento, A., Botelho, M.L. & Ferreira, I.C.F.R. 2011. Low Dose  $\gamma$ -Irradiation As a Suitable Solution for Chestnut (*Castanea sativa* Miller) Conservation: Effects on Sugars, Fatty Acids, and Tocopherols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 10028-10033.
- [10] Fernandes, A., Barreira, J.C.M., Antonio, A.L., Bento, A., Botelho, M.L. & Ferreira, I.C.F.R. 2011. Assessing the effects of gamma irradiation and storage time in energetic value and in major individual nutrients of chestnuts. *Food and Chemical Toxicology* 49: 2429-2432.
- [11] Barreira, J.C.M., Antonio, A.L., Günaydi, T., Alkan, H., Bento, A., Botelho, M.L. & Ferreira, I.C.F.R. 2012. *Radiation Physics and Chemistry* 81: 1520-1524.
- [12] Caroch, M., Barreira, J.C.M., Antonio, A.L., Bento, A., Kaluska, I., & Ferreira, I.C.F.R. 2012. Effects of Electron-Beam Radiation on Nutritional Parameters of Portuguese Chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60: 7754-7760.
- [13] Antonio, A.L., Fernandes, A., Barreira, J.C.M., Bento, A., Botelho, M.L. & Ferreira, I.C.F.R. 2011. Influence of gamma irradiation in the antioxidant potential of chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) fruits and skins. *Food and Chemical Toxicology* 49:1918-1923.

## **Cogumelos silvestres Portugueses: valorização como alimentos funcionais e fonte de nutraceuticos**

Isabel C.F.R. Ferreira<sup>1,2</sup>, Josiana A. Vaz<sup>1,3</sup>, Lillian Barros<sup>1</sup>, Gabriela M. Almeida<sup>3</sup>, Anabela Martins<sup>2</sup> & M. Helena Vasconcelos<sup>3,4</sup>

1–Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança.

2–Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança.

3–Grupo de Resistência à Terapêutica Anti-neoplásica, IPATIMUP – Instituto de Patologia e Imunologia Molecular da Universidade do Porto.

4–Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Microbiologia, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto.  
iferreira@ipb.pt

*Resumo* – Os cogumelos silvestres possuem grande diversidade de biomoléculas com valor nutricional e/ou propriedades medicinais. Neste trabalho, apresentam-se resultados do estudo de espécies do Nordeste de Portugal. Os extratos fenólicos de *Clitocybe alexandri*, *Lepista inversa* e *Suillus collinitus* foram caracterizados e mostraram potenciais efeitos anti-tumorais em linhas celulares tumorais humanas, que se traduzem especificamente na indução de paragem do ciclo de divisão celular e na indução de morte celular programada (apoptose) em linhas celulares modelo, derivadas de diferentes tipos de tumores humanos. Verificou-se que extratos de *C. alexandri* induzem paragem no ciclo celular e apoptose numa linha celular de cancro do pulmão, constituindo-se assim como fonte potencial de novos agentes citotóxicos. Descobriu-se ainda que o extrato metanólico de *S. collinitus* aumenta a expressão da proteína supressora de tumores p53, causa paragem no ciclo de divisão celular e aumenta a apoptose numa linha celular modelo de cancro da mama. Tendo em conta o potencial anti-tumoral evidenciado em condições *in vitro* pelas espécies mencionadas, os extratos/compostos fenólicos prefiguram-se como potenciais fontes de agentes citotóxicos e poderão encontrar, caso estudos futuros o comprovem, potencial utilização no tratamento do cancro, a segunda causa de morte nos países desenvolvidos. Em específico, podem potencialmente servir para acrescentar e diversificar os “pipelines” de desenvolvimento de fármacos da indústria farmacêutica ou de alimentos funcionais.

*Palavras-chave:* Cogumelos silvestres; Ácidos fenólicos; Atividade antioxidante; Atividade anti-tumoral; Ciclo celular; Apoptose; Cancro; Alimentos funcionais

### **1 Introdução**

Os cogumelos silvestres possuem grande diversidade de biomoléculas com valor nutricional [1] e/ou propriedades medicinais [2]. Têm sido reconhecidos como alimentos funcionais e como fonte de compostos para o desenvolvimento de fármacos e nutraceuticos, incluindo compostos com propriedades antioxidantes [3], antimicrobianas [4] e anti-tumorais [5]. Já foram realizados vários estudos pré-clínicos em linhas celulares tumorais humanas e alguns compostos isolados de cogumelos estão em fase de ensaios clínicos. Exemplos disso são os  $\beta$ -glucanos “Lentinan” (do cogumelo *Lentinus edodes*) e “Schizophyllan” (do meio de cultura de *Schizophyllum commune*) ou os glucopéptidos PSP e “Krestin” (PSK) (do micélio de *Coriolus versicolor*) [6,7].

Para além dos cogumelos mencionados, existem muitos outros conhecidos como sendo medicinais e existe um potencial enorme nas espécies ainda não exploradas do Nordeste Português. De facto, o Nordeste de Portugal é uma das regiões Europeias com maior diversidade de cogumelos silvestres e, nesse sentido, o nosso grupo de investigação tem-se dedicado à caracterização química e avaliação das suas propriedades bioativas.

Neste trabalho, serão apresentados resultados da avaliação das propriedades antioxidantes e do potencial inibidor de crescimento de linhas celulares tumorais humanas, de cogumelos silvestres comestíveis provenientes do Nordeste de Portugal.

## 2 Metodologia

Após identificação taxonômica dos cogumelos, prepararam-se extratos metanólicos, etanólicos e aquosos a partir das amostras liofilizadas.

A caracterização em compostos fenólicos e mono e oligossacáridos foi efetuada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) acoplada a um detetor de díodos (DAD) ou a um detetor de índice de refração (RI), respetivamente.

Os ensaios de atividade antioxidante, realizados nos extratos referidos, incluíram a avaliação da atividade captadora de radicais 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH), poder redutor e inibição da descoloração do  $\beta$ -caroteno.

A inibição do crescimento celular foi avaliada com o ensaio Sulforrodamina B em quatro linhas celulares tumorais humanas (NCI-H460 - pulmão, MCF-7- mama, HCT-15 - cólon e AGS - gástrico). Os efeitos sobre o perfil do ciclo celular e apoptose foram avaliados por citometria de fluxo e o efeito sobre os níveis de expressão de proteínas celulares relacionadas com o ciclo celular e a apoptose celular, foi investigado por Western blotting.

## 3 Resultados

Três espécies de cogumelos silvestres comestíveis revelaram atividade inibidora do crescimento de linhas celulares tumorais humanas. O extrato etanólico de *Clitocybe alexandri*, o extrato metanólico de *Lepista inversa* e o extrato metanólico de *Suillus collinitus* revelaram ser os mais potentes [8-10].

O extrato etanólico de *C. alexandri* induziu uma paragem do ciclo celular em fase S (Fig. 1) e promoveu um aumento da percentagem de células apoptóticas, na linha celular tumoral humana (de cancro do pulmão) testada [9].

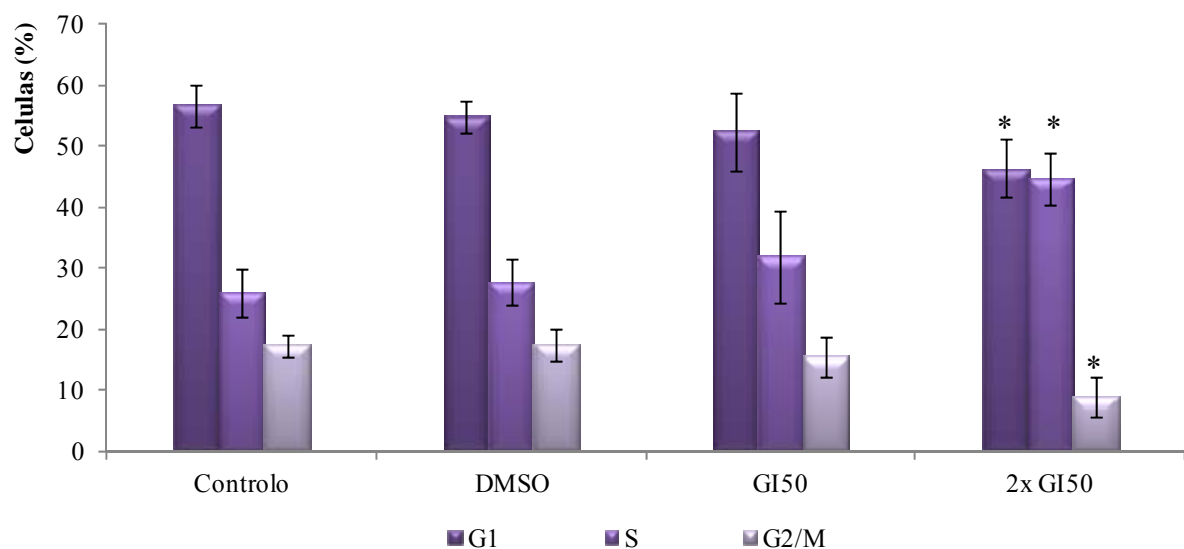


Figura 1. Análise do perfil do ciclo celular de células NCI-H460 tratadas durante 48h com duas concentrações do extrato etanólico de *Clitocybe alexandri*: GI<sub>50</sub> (24,8 µg/mL) ou 2xGI<sub>50</sub> (49,6 µg/mL). Foram utilizadas como controlo células não tratadas e tratadas com o solvente (DMSO). \*Valores significativamente ( $P < 0,05$ ) diferentes quando comparados ao branco ou DMSO. Adaptada da referência [9].

As espécies de cogumelos analisadas também revelaram um interessante potencial antioxidante, principalmente o extrato aquoso de *L. inversa* que apresentou a maior atividade captadora de radicais DPPH, poder redutor e inibição da descoloração do  $\beta$ -caroteno (Tabela 1) [8].

Tabela 1. Atividade antioxidante\* dos extratos dos cogumelos.

Espécies	Extratos	Atividade captadora de DPPH	Poder redutor	Inibição da descoloração do $\beta$ -caroteno
<i>Clitocybe alexandri</i>	Metanólico	28,7 $\pm$ 3,2	7,0 $\pm$ 0,4	4,5 $\pm$ 0,2
	Etanólico	10,7 $\pm$ 0,8	2,3 $\pm$ 0,0	3,7 $\pm$ 0,1
	Água em ebulição	2,5 $\pm$ 0,0	0,9 $\pm$ 0,0	1,2 $\pm$ 0,0
<i>Lepista inversa</i>	Metanólico	10,6 $\pm$ 1,1	2,9 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,1
	Etanólico	9,3 $\pm$ 0,5	1,4 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 1,1
	Água em ebulição	1,8 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,0	0,9 $\pm$ 0,1
<i>Suillus collinitus</i>	Metanólico	14,1 $\pm$ 1,2	3,0 $\pm$ 0,0	1,2 $\pm$ 0,1
	Etanólico	7,3 $\pm$ 0,7	1,3 $\pm$ 0,0	1,2 $\pm$ 0,1
	Água em ebulição	7,9 $\pm$ 0,5	2,1 $\pm$ 0,0	1,2 $\pm$ 0,0

\*Os resultados estão expressos em EC<sub>50</sub> (concentração de extrato em mg/mL correspondente a 50% de atividade antioxidante ou 0,5 de absorvância no ensaio do poder redutor).

O extrato metanólico de *S. collinitus* induziu um ligeiro aumento no número de células em G1, com uma concomitante diminuição na percentagem de células na fase S do ciclo celular e um aumento na percentagem de células apoptóticas (6,0 $\pm$ 0,2% para 15,3 $\pm$ 2,0%) na linha celular tumoral humana (de cancro de mama) testada. Verificou-se ainda um forte aumento dos níveis de p53, p21 e PARP clivada, associado a uma diminuição da Bcl-2 e XIAP [10].

O uso combinado do extrato metanólico de *S. collinitus* e de etoposídeo (fármaco anti-neoplásico) causou uma maior diminuição na percentagem de crescimento celular, quando comparado com qualquer um deles usados individualmente (Fig. 2), indicando o potencial benefício desta combinação [10].

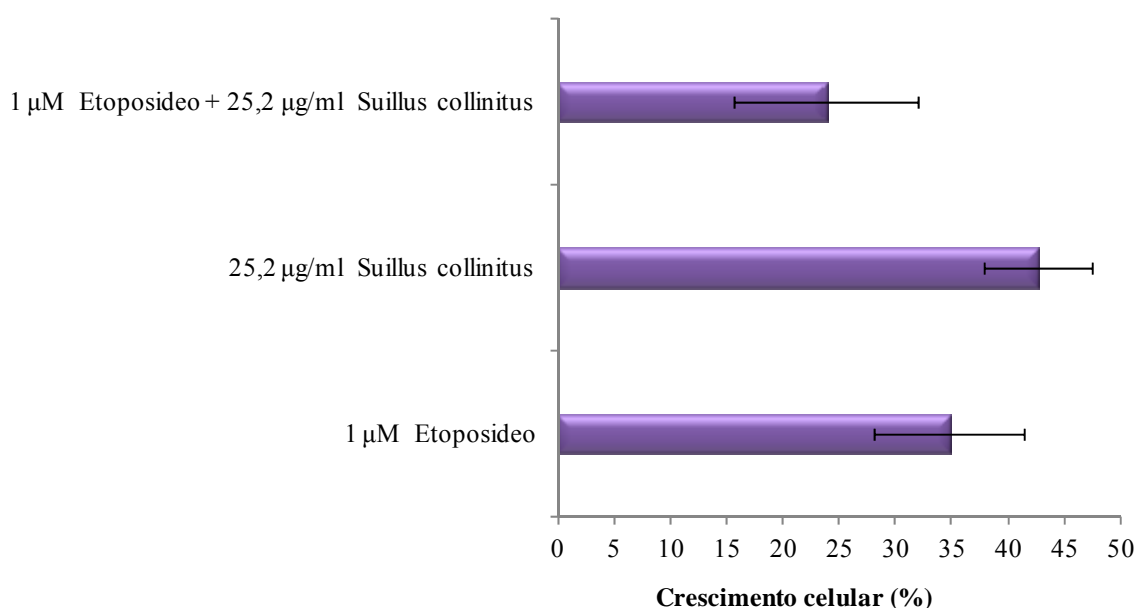


Figura 2. Tratamento de células MCF-7 com etoposídeo, *Suillus collinitus* (extrato metanólico) e combinação dos dois. Adaptada da referência [10].

Os extratos testados foram caracterizados quimicamente, tendo sido os ácidos protocatéuico, p-hidroxibenzóico, p-cumárico e cinâmico os principais compostos identificados nos extratos fenólicos

(metanólico e etanólico) (Fig. 3), enquanto o manitol, a trealose e a arabinose foram os principais açúcares encontrados no extrato polissacarídico (aquoso), após hidrólise (Fig. 4) [9,10].

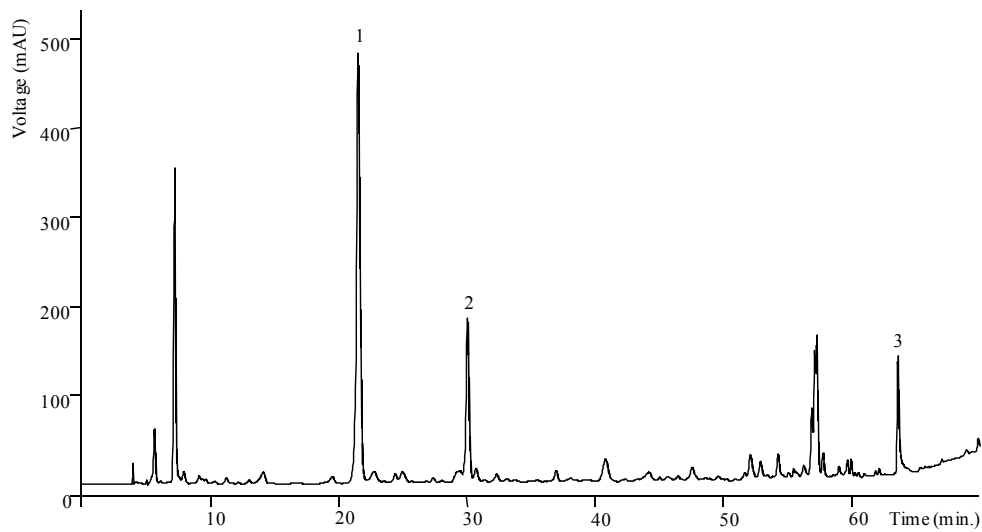


Figura 3. Perfil em compostos fenólicos de *Clitocybe alexandri* obtido por HPLC-DAD a 280 nm. Apenas foram assinalados os picos correspondentes a compostos fenólicos ou compostos relacionados. 1- Ácido protocatéquico; 2- Ácido *p*-hidroxibenzoico; 3- Ácido cinâmico.

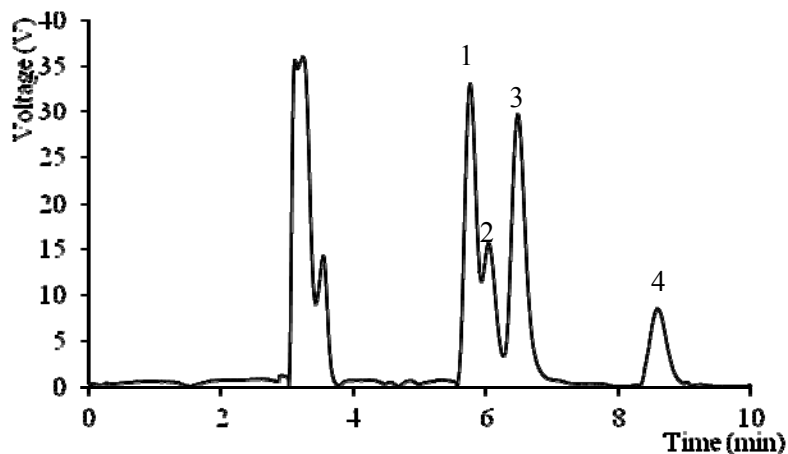


Figura 4. Perfil em açúcares de *Suillus collinitus* obtido por HPLC-RI. 1- Arabinose; 2- Frutose (padrão interno); 3- Manitol; 4- Trealose.

Os compostos individuais identificados nos extratos foram submetidos a uma avaliação da atividade inibidora de crescimento celular, mas apenas os ácidos fenólicos e um composto relacionado, o ácido cinâmico, apresentaram atividade. Este composto foi o mais potente em relação ao efeito de inibição de crescimento celular, na linha celular tumoral humana NCI-H460. O efeito do tratamento individual e combinado dos compostos identificados também foi avaliado. Os ácidos cinâmico e protocatéquico causaram uma redução estatisticamente significativa no número de células viáveis. Por sua vez, o ácido *p*-hidroxibenzoico não demonstrou efeito sobre as células testadas até à concentração máxima testada. No entanto, verificou-se que a utilização simultânea dos três compostos promoveu uma diminuição substancial no número de células viáveis, sugerindo um possível efeito concomitante dos referidos compostos (Fig. 5) [9].

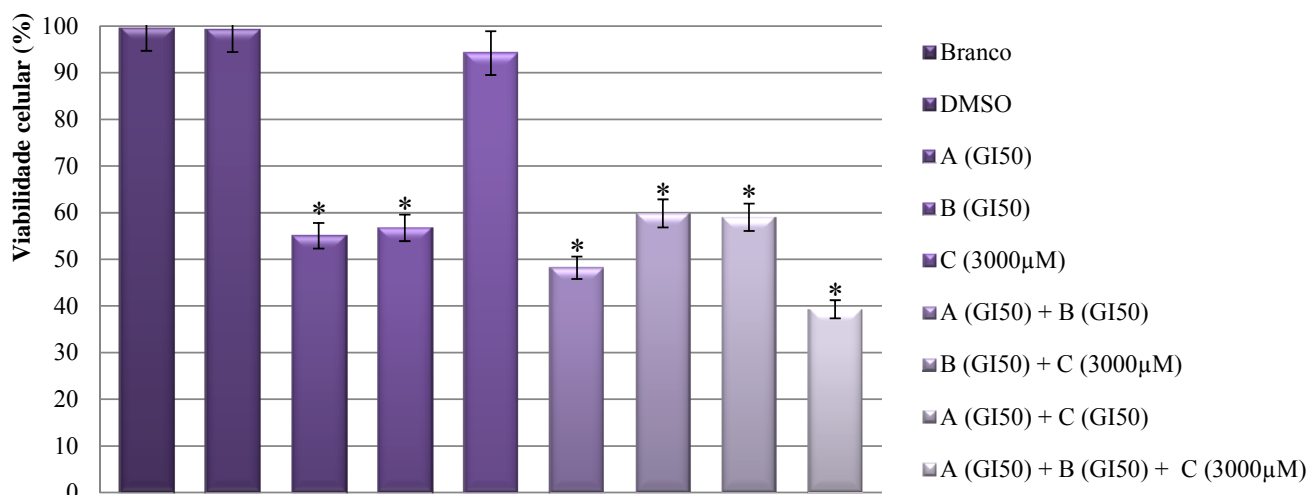


Figura 5. Número de células viáveis após tratamento durante 48h das células NCI-H460 com compostos fenólicos identificados nos extratos: A- ácido cinâmico (ao GI<sub>50</sub>: 845,9 µM), B- ácido protocatéquico (ao GI<sub>50</sub>: 1616,9 µM), C- ácido *p*-hidroxibenzoico (a 3000 µM). Foram utilizadas como controlo células não tratadas e tratadas com o solvente (DMSO). \*Valores significativamente ( $P < 0,05$ ) diferentes quando comparados ao branco ou DMSO. Adaptada da referência [9].

O presente trabalho contribui para uma melhor compreensão do potencial bioativo de cogumelos silvestres comestíveis do Nordeste de Portugal, tendo permitido identificar algumas espécies com propriedades antioxidantes ou inibidoras do crescimento de células tumorais.

Tendo em conta o potencial anti-tumoral evidenciado em condições *in vitro* pelas espécies mencionadas, os extratos/compostos fenólicos prefiguram-se como potenciais fontes de agentes citotóxicos e poderão encontrar, caso estudos futuros o comprovem, potencial utilização no tratamento do cancro, a segunda causa de morte nos países desenvolvidos. Em específico, podem potencialmente vir a servir para acrescentar e diversificar os “pipelines” de desenvolvimento de fármacos da indústria farmacêutica ou de alimentos funcionais.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e ao COMPETE/QREN/UE pelo apoio financeiro a este trabalho (projeto de investigação PTDC/AGR-ALI/110062/2009) e ao CIMO (projeto estratégico PEst-OE/AGR/UI0690/2011). Agradecem também à Universidade do Porto e ao Totta pelo apoio financeiro e à Catarina Tavares pelo apoio técnico em algumas análises. J.A. Vaz e L. Barros agradecem à FCT, POPH-QREN e Fundo Social Europeu (FSE) pelas suas bolsas (BD/43653/2008 e BPD/4609/2008). G.M. Almeida é também apoiada pela FCT e FSE.

#### Referências

- [1] Kalač P. 2009. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry* 113:9–16.
- [2] Poucheret P., Fons, F. & Rapior, S. 2006. Biological and pharmacological activity of higher fungi: 20-Year retrospective analysis. *Mycologie* 27:311-333.
- [3] Ferreira, I.C.F.R., Barros, L., & Abreu R.M.V. 2009. Antioxidants in wild mushrooms. *Current Medicinal Chemistry* 16:1543-1560.
- [4] Alves, M.J., Ferreira, I.C.F.R., Dias, J., Teixeira, V., Martins, A. & Pintado, M. 2012. A review on antimicrobial activity of mushroom (Basidiomycetes) extracts and isolated compounds. *Planta Medica in press*. DOI: 10.1055/s-0032-1315370.

- [5] Ferreira, I.C.F.R. Vaz, J.A., Vasconcelos, M.H., & Martins, A. 2010. Compounds from wild mushrooms with antitumor potential. *Anti-cancer Agents in Medicinal Chemistry* 10:424-436.
- [6] Zaidman, B.-Z., Yassin, M., Mahajana, J. & Wasser, S.P. 2005. Medicinal mushroom modulators of molecular targets as cancer therapeutics. *Applied Microbiology and Biotechnology* 67:453-468.
- [7] Luk, S.-U., Lee, T.K.-W., Liu, J., Lee, D.T.-W., Chiu, Y.-T., Ma, S., Ng, I.O.-L., Wong, Y.-C., Chan, F.L. & Ling, M.T. 2011. Chemopreventive effect of PSP through targeting of prostate cancer stem cell-like population. *PLoS ONE* 6:e19804.
- [8] Vaz, J.A., Heleno, S.A., Martins, A., Almeida, G.M., Vasconcelos, M.H. & Ferreira, I.C.F.R. 2010. Wild mushrooms *Clitocybe alexandri* and *Lepista inversa*: *In vitro* antioxidant activity and growth inhibition of human tumour cell lines. *Food and Chemical Toxicology* 48:2881-2884.
- [9] Vaz, J.A., Almeida, G.M., Ferreira, I.C.F.R., Martins, A. & Vasconcelos, M.H. 2012. *Clitocybe alexandri* extract induces cell cycle arrest and apoptosis in a lung cancer cell line: identification of phenolic acids with cytotoxic potential. *Food Chemistry* 132:482-486.
- [10] Vaz, J.A., Ferreira, I.C.F.R., Tavares, C., Almeida, G.M., Martins, A., Vasconcelos, M.H. 2012. *Suillus collinitus* methanolic extract increases p53 expression and causes cell cycle arrest and apoptosis in a breast cancer cell line. *Food Chemistry* 135:596-602.

## Produção e valor nutritivo de pastagens de montanha

Jaime M. Pires<sup>1</sup>, Esther Fernández Nuñez<sup>1</sup>, Adelaide Fernandes<sup>2</sup>, João Pires<sup>1</sup>, Adelino Bernardo<sup>2</sup>,  
Carlos F. Aguiar<sup>1</sup>, Lurdes Galvão<sup>1</sup> & Nuno Moreira<sup>3</sup>

1–Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança  
Campus de St<sup>a</sup> Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 BRAGANÇA

2–DRAPN, Largo do Toural, 5300 Bragança.

3–Escola de Agricultura e Ciências Veterinárias, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro,  
5001-801 Vila Real  
esther.fernandez@ipb.pt

*Resumo* – Os lameiros são tradicionalmente as pastagens de montanha em Portugal com maior importância para a produção animal, principalmente de bovinos. Estes agroecossistemas são deste modo uma componente fulcral para o funcionamento dos sistemas agro-pecuários de montanha, além do seu efeito positivo em termos ambientais e paisagísticos. Contudo, o seu estudo não tem tido a relevância que este tipo de culturas merecem nomeadamente em relação à sua produtividade e qualidade em termos forrageiros. Desde logo são de referir a inexistência de: a) valores de produção e de valor nutritivo nos períodos de pastoreio, assim como a sua evolução no período de crescimento para feno; b) dados sobre o efeito da fertilização na produção, valor nutritivo e composição florística; c) técnicas de manejo que permitam obter fenos de melhor qualidade em termos nutritivos. Para dar resposta a esta falta de informação foram desenvolvidos estudos nestas culturas em Trás-os-Montes (18 lameiros), com o objetivo de avaliar a produção e o valor nutritivo ao longo do ano, conjugado com a avaliação do efeito da fertilização azotada e do prolongamento do pastoreio na primavera. Dos resultados analisados pode-se concluir que os lameiros mais produtivos e de melhor qualidade apresentam valores de produção e de valor nutritivo ao longo do ano idêntico aos obtidos em pastagens semeadas com espécies melhoradas (12 % de proteína bruta, 58% de digestibilidade; 8 t de MS ha<sup>-1</sup> de produção de pasto no corte para feno). O período de crescimento para feno não deve ser superior a 60-70 dias de forma a obter um feno com um mínimo de qualidade (> 10% de proteína bruta e 50% de digestibilidade). A adubação azotada provoca aumentos de produtividade, dos teores de proteína bruta, da proporção de gramíneas, do grau de cobertura do solo e diminuição das proporções de leguminosas e de outras famílias de plantas.

*Palavras-chave:* fertilização azotada, manejo, pastoreio, feno, composição florística, proteína bruta, digestibilidade.

### 1 Introdução

Os lameiros são pastagens permanentes constituídas por vegetação espontânea, resultante das condições ecológicas, nomeadamente, clima, solos, relevo e da ação do homem. Localizam-se principalmente em zonas de acumulação, nomeadamente de nutrientes e água, na sua maioria em depressões com linhas de água temporárias ou permanentes. A sua importância advém quer como atividade produtiva fulcral para o funcionamento dos sistemas agro-pecuários de montanha, quer, mais recentemente, pelo seu valor paisagístico e ambiental, sendo considerados reservas de elevada biodiversidade. O manejo da maioria destas pastagens consiste no pastoreio ao longo do ano, interrompido na Primavera para permitir um corte destinado à produção de feno, sendo a base da alimentação das raças autóctones [1]. É precisamente a alternância do corte com o pastoreio, bem como a prática das limpezas e meticulosa distribuição da água de rega, que têm contribuído para a sua manutenção [2]. Não há, portanto recurso sistemático à fertilização destas pastagens, beneficiando atualmente de algumas fertilizações, sobretudo adubações azotadas, que não são mais do que uma tentativa de substituição das fertilizações orgânicas e aplicações de cinzas das lareiras que tradicionalmente eram efetuadas [3]. Apesar da sua importância, os estudos acerca da produtividade e valor nutritivo destas pastagens ao longo do ano, nunca foram efetuados. Existem sim alguns valores de produção e valor nutritivo apenas para o período de crescimento destinado ao corte para feno, cujos valores obtidos relativamente ao valor nutritivo (teores de PB e digestibilidade) são baixos. Paralelamente, o efeito da adubação azotada na produção de matéria seca (MS) e na composição florística, traduzido por um aumento da proporção de gramíneas e uma diminuição das proporções de leguminosas e outras famílias de plantas [4] justifica o estudo da fertilização destas pastagens no sentido de identificar o nível de adubação azotada melhor indicado para respeitar o equilíbrio entre a

produtividade e qualidade nutritiva *versus* diversidade florística. São estas as respostas que este trabalho pretende dar, com base num estudo que decorreu em 18 lameiros em Trás-os-Montes de 1997 a 2000, com base nos resultados mais recentemente analisados e publicados para algumas destas pastagens.

## 2 Material e métodos

### 2.1 Área de estudo

Este projeto desenrolou-se em toda a região de Trás-os-Montes, nas áreas onde estas pastagens de montanha predominam. Foram constituídas 4 subzonas, Barroso, Vila Real/Vila Pouca de Aguiar, Bragança/Vinhais e Miranda do Douro/Vimioso, atendendo às condições ecológicas onde os lameiros se localizavam e ao manejo praticado, de forma a poder trabalhar com uma amostra representativa das comunidades vegetais existentes, segundo a classificação fitossociológica de [3].

### 2.2 Delineamento experimental

- Em cada lameiro selecionado, foram estudados o efeito da adubação azotada e do manejo.

- *Adubação azotada (N)*: Dada a importância do azoto (N) na produção e composição florística, a fertilização resume-se ao estudo de três níveis de adubação azotada, N0–0 kg de N·ha<sup>-1</sup>, N1 – 75 kg de N·ha<sup>-1</sup> e N2 – 150 kg de N·ha<sup>-1</sup>. Esta adubação foi efetuada na altura em que os lameiros são usualmente coutados para a produção de feno. A aplicação de 150 kg de N·ha<sup>-1</sup> foi fracionada, tendo sido metade distribuída 20 a 30 dias mais tarde. No Outono de 1998 foi efetuada uma fertilização em todos os lameiros com aplicação de calcário dolomítico, fertigafsa 26,5 % e cloreto de potássio 60 % de acordo com os resultados das análises de solo.

- *Manejo*: Foi estudado o efeito do prolongamento do pastoreio no início da Primavera em mais 20 dias, tendo como referência a data em que cada lameiro foi coutado para a produção de feno. Houve dois tipos de manejo em estudo: P1 – data usual em que os lameiros são coutados; P2 – 20 dias após P1. Esta alteração de manejo pretendeu colmatar a dificuldade que existe em antecipar a data de corte de feno para fases menos avançadas de desenvolvimento das plantas, na perspectiva de obter um feno com maior valor nutritivo (PB e digestibilidade). Em sua substituição, estudou-se a possibilidade de atrasar o desenvolvimento das plantas, considerando que o resultado final expectável seria idêntico.

- Ao tratamento manejo corresponderam os grandes talhões e à adubação azotada os pequenos talhões, num delineamento em talhões subdivididos. As repetições corresponderam às amostras colhidas dentro de cada pequeno talhão. A separação dos dois maneios a estudar foi efetuada através de uma cerca elétrica móvel. Cada pequeno talhão tinha uma área de 500 m<sup>2</sup> em quadrilátero retângulo, implantado de forma que o maior lado acompanhasse o sentido de maior declive.

- Em cada talhão foram colocadas e casualmente distribuídas três caixas fechadas de rede (1 m x 1m). As colheitas ao longo do ano foram executadas na parte central das caixas usando uma superfície quadrada de 0,25 m<sup>2</sup>. Em cada ano de estudo realizaram-se colheitas de dados nas seguintes épocas: no início da Primavera (Março/Abril), altura da interrupção do pastoreio; no período intermédio de crescimento para feno (Abril/Maio) (apenas em alguns lameiros); na data de corte para feno (Junho/Julho); em Agosto/Setembro, apenas para os lameiros de regadio (produção de Verão); e em Novembro/Dezembro (produção de Outono). Após cada colheita as caixas foram mudadas casualmente de local. A massa verde colhida foi guardada num saco plástico fechado, determinando-se o seu peso em matéria verde numa balança eletrónica com sensibilidade de 0,01 g, sendo seguidamente colocada num tabuleiro de rede e levada à estufa a secar durante 48 h, determinando-se à saída da estufa o peso em matéria seca (MS). As amostras secas foram posteriormente moídas num moinho de martelos com uma malha de 1 mm, procedendo-se às determinações laboratoriais: *valor nutritivo* (digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e proteína bruta na MS (PB). Paralelamente, em cada corte foram efetuadas as avaliações da composição florística pelo método dos pontos quadrados, em três locais fixos por talhão, segundo o maior declive.

## 3 Resultados

Apresentam-se os resultados de 11 lameiros situados nas regiões do Barroso, Bragança/Vinhais e Miranda do Douro/Vimioso (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos lameiros em estudo.

Lameiro	Comunidade florística	Ambiente	Altitude (m)	Região	Local
M1	<i>Bromo-Cynosuretum cristati</i>	Eutrófico	820	Vinhais/Bragança	Rio de Fornos
M2	<i>Anthemido-Cynosuretum cristati</i>	Mesotrófico	1060	Vinhais/Bragança	Travanca
M3	<i>Gaudinio-Agrostietum cristati</i>	Mesotrófico	880	Vinhais/Bragança	Palácios
M4	<i>Gaudinio-Agrostietum cristati</i>	Oligotrófico	750	Miranda/Vimioso	Fonte de Aldeia - 1
M5	<i>Bromo-Cynosuretum cristati</i>	Oligotrófico	750	Miranda/Vimioso	Fonte de Aldeia - 2
M6	<i>Genisto anglicae-Nardetum strictae</i>	Oligotrófico	820	Miranda/Vimioso	Angueira
M7	<i>Bromo-Cynosuretum cristati</i>	Oligotrófico	670	Miranda/Vimioso	Serapicos
M8	<i>Agrostis-Arrhenatheretum bulbosi</i>	Mesotrófico	842	Barroso	Vila da Ponte
M9	<i>Anthemido-Cynosuretum</i>	Eutrófico	589	Barroso	Bobadela
M10	<i>Anthemido-Cynosuretum</i>	Eutrófico	1038	Barroso	Pomar da Rainha
M11	<i>Gaudinio-Agrostietum castellane</i>	Mesotrófico	680	Vinhais/Bragança	Parada

### 3.2 Produtividade ao longo do ano, valor nutritivo e composição florística

Da análise de componentes principais (Figura 1), efectuada para os lameiros M1 a M7, verifica-se nitidamente a separação entre os três lameiros da região de Bragança/Vinhais, com as maiores produções em MS e maiores teores de PB e DIVMO e os lameiros da região de Miranda do Douro/Vimioso, numa posição inversa, principalmente os lameiros M4 e M6. Apenas os lameiros M5 e M7 desta região se aproximam do grupo dos lameiros de Bragança/Vinhais. Esta análise global pode ser observada ao consultar os valores da produção em MS e dos teores de PB e DIVMO nas Figuras 2 a 4. Ao longo do ano os maiores teores de PB e DIVMO obtêm-se na Primavera enquanto os menores valores ocorrem no corte para feno, logo seguido da produção de Outono. Esta evolução está relacionada com as fases de desenvolvimento das plantas, as quais se encontram na Primavera em pleno crescimento activo (afilhamento/início do encanamento das gramíneas), enquanto no corte para feno se encontram em plena floração/frutificação. Contrariamente ao expectável, estes dois parâmetros de valor nutritivo apresentaram baixos valores no Outono, similares aos obtidos no corte para feno, apesar de as plantas estarem em plena fase vegetativa. Contudo as baixas temperaturas que ocorrem nesta época do ano, inibem o crescimento activo e acentuam a senescência das folhas, daí estes baixos valores como também [5] referem.

Mais em detalhe apresentam-se ainda os seguintes resultados:

- O efeito do regime de pastoreio ocorreu de forma mais sistemática no corte de Primavera (Figura 2), em que o P2 forneceu maiores produções em MS, perfeitamente expectável atendendo ao maior período de crescimento, face à data mais tardia de corte;
- O efeito da adubação azotada ocorreu no corte de Primavera, embora de uma forma um pouco irregular, e no corte para feno de uma forma sistemática, em que aos maiores valores de azoto aplicado corresponderam as maiores produções em MS, verificando-se em quase todos os casos respostas lineares (Figura 2). Destaca-se que a aplicação de 150 kg de N·ha<sup>-1</sup> apenas foi significativamente superior ao valor intermédio (75 kg de N·ha<sup>-1</sup>) nos lameiros de Miranda do Douro/Vimioso, ou seja, em ambientes oligotróficos (Figura 2);
- O efeito da adubação azotada no valor nutritivo ocorreu principalmente nos teores de PB, mas apenas de forma crescente no corte para feno, e apenas nos dois lameiros M1 e M5 (Figura 3), os quais apresentam as maiores proporções de gramíneas e menores de leguminosas (Figura 4). Nos restantes cortes teve um efeito irregular, em que os menores valores ocorreram para o nível de adubação de 75 kg de N·ha<sup>-1</sup> (Figura 3);
- A composição florística foi avaliada em termos de proporção de grupos funcionais, gramíneas, leguminosas e outras famílias de plantas, enquanto o grau de cobertura do solo foi avaliado através da proporção de solo sem vegetação, solo nu;
- Da análise da Figura 4, onde estão representados os valores médios de todos os tratamentos por lameiro, verificou-se da primeira à última avaliação em cada estação de crescimento: *i*) uma elevada diminuição da proporção de solo nu, ou seja, um aumento do grau de cobertura do solo pela vegetação, principalmente nas pastagens de Miranda do Douro/Vimioso; *ii*) uma diminuição da proporção de outras famílias de plantas; *iii*) um aumento da proporção de leguminosas, principalmente nos lameiros de Miranda do Douro/Vimioso, evidenciando que o valor médio da adubação praticada (75 kg de N·ha<sup>-1</sup>), permitiu que a aplicação de

calcário, fósforo e potássio, atenuasse o efeito negativo dessa adubação azotada na proporção desta família de plantas; iv) um aumento da proporção de gramíneas;

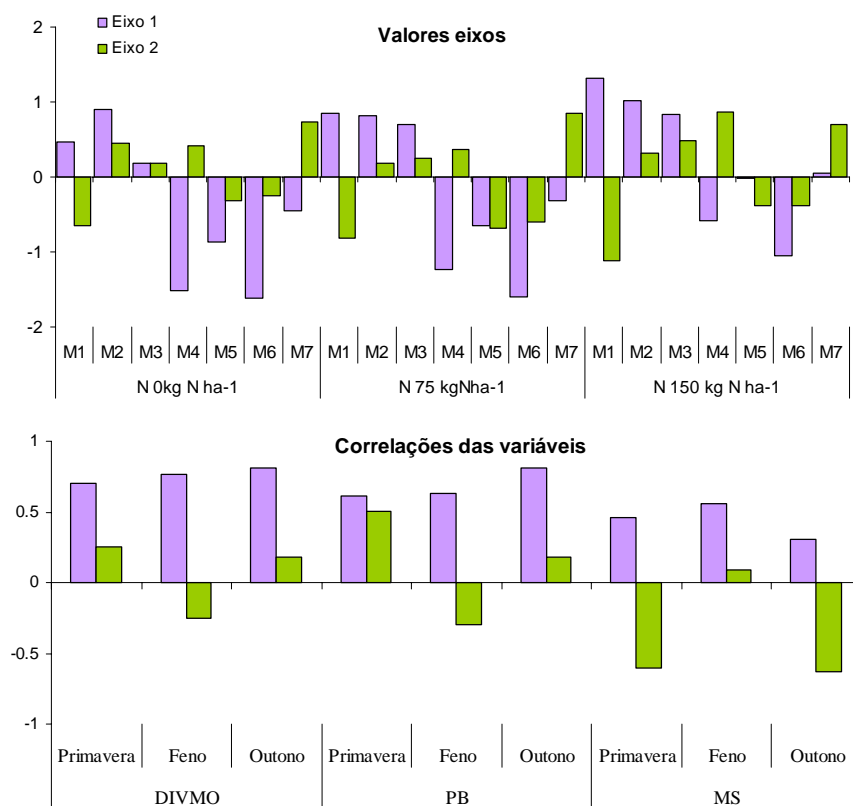


Figura 1. Resultado da análise de componentes principais (correlações das variáveis com os eixos e valores dos eixos), onde: MS - produção de pasto; PB - teores de proteína bruta; DIVMO - digestibilidade *in vitro* da MO; M1-7 - lameiros; N0, N1, N2 - 0, 75 e 150 kg de N·ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

- Da análise do efeito da adubação azotada nas proporções de gramíneas e de leguminosas (Figura 5), verifica-se um aumento linear ou quadrático da proporção de gramíneas e uma diminuição linear da proporção de leguminosas, considerando três lameiros nas regiões de Bragança/Vinhais e Miranda do Douro/Vimioso, representativos dos ambientes, eutrófico, mesotrófico e oligotrófico.

### 3.2 Produção de feno

Para uma análise mais detalhada dos tratamentos em estudo na produção do corte para feno, foram ajustadas superfícies de resposta em seis lameiros para os dados obtidos de 1998 a 2000, dois dos quais são os mesmos analisados até ao momento (M1 e M4), três são da região do Barroso (M8 a M10) e o sexto é da região de Bragança/Vinhais (M11). Os modelos de regressão ajustados podem ser consultados em [6], os quais consideraram as seguintes variáveis independentes: pastoreio P1 com o valor 1, pastoreio P2 com o valor 2 e fertilização azotada (0, 75 e 150 kg ha<sup>-1</sup>); número de dias de crescimento (D) com valores de 0 a 120 dias, contados após a data em que foram coutados para a produção de feno, considerando o pastoreio P1. Das substituições das variáveis independentes pelos respectivos valores obtém-se a Tabela 2, onde se apresentam os resultados para os teores de PB (%), DIVMO (%), produção de PB (t ha<sup>-1</sup>) e produção de EM (energia metabolizável - MJ ha<sup>-1</sup>). Na variável 'D' foram considerados os valores, 30, 60 e 90 dias. Considerando que os teores de PB e DIVMO no corte para feno deverão ser superiores a 10 e 50 %, respectivamente, para garantir as necessidades de manutenção de bovinos de carne [7], [6] verificaram com estes modelos que o número de dias de crescimento não deveria ultrapassar 60 a 70 dias. Consultando a Tabela 2, por forma a identificar os parâmetros ou produções a ter em atenção para determinar a data de corte, verifica-se o seguinte: i) a DIVMO e a produção de PB são os dois parâmetros a atender nos lameiros M8 e M4; ii) a DIVMO é o parâmetro a

atender no lameiro M9, os teores de PB e DIVMO no lameiro M10, a produção de PB no lameiro M11 e os teores de PB no lameiro M1.

Considerando 60-70 dias como o período máximo de crescimento recomendado para a produção de feno, apenas o lameiro M4 mostra ser o mais indiferente na escolha do regime de pastoreio, P1 ou P2. Nos restantes

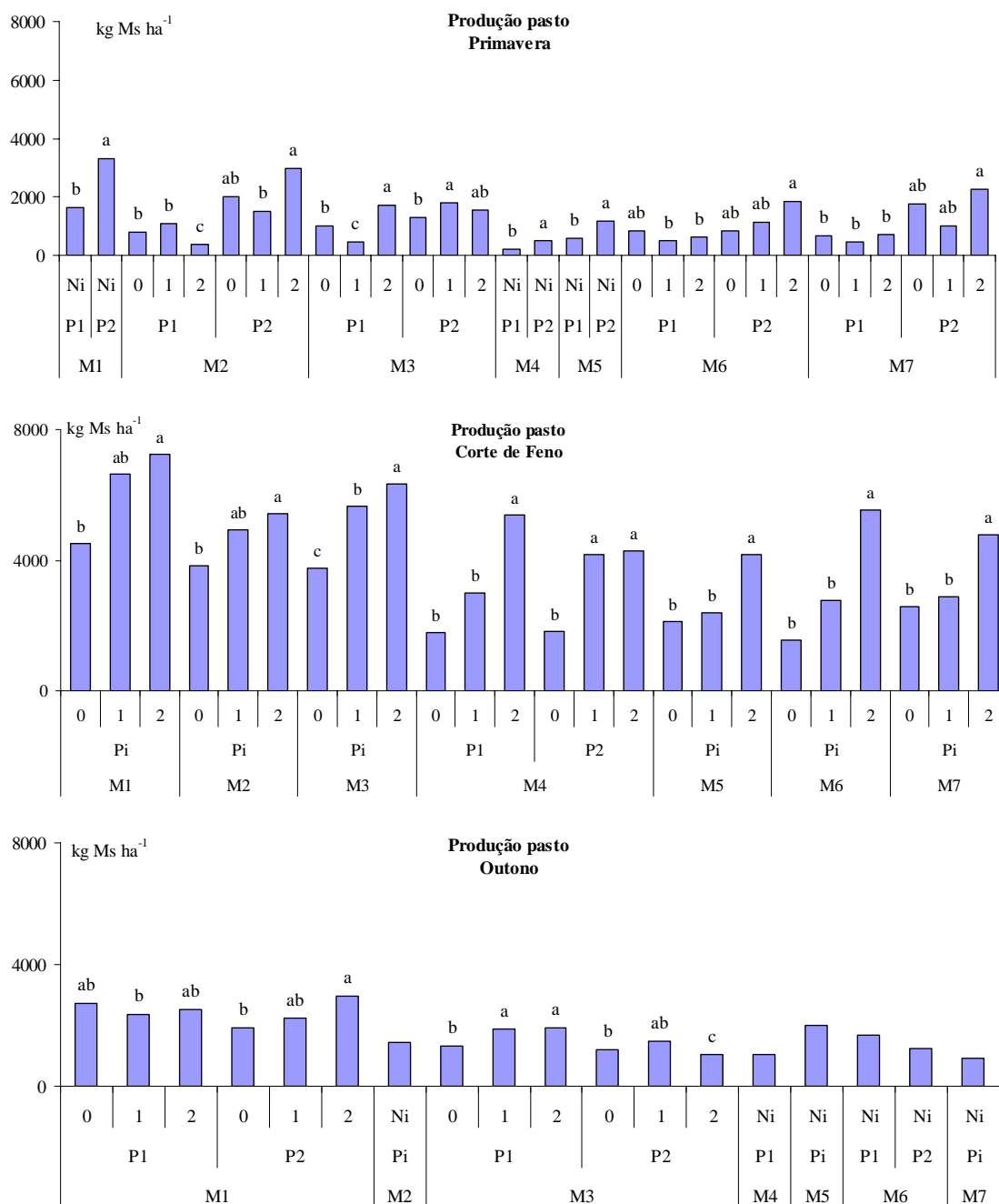


Figura 2. Produção em kg MS ha<sup>-1</sup> nos lameiros em estudo (M1-M7) obtida no corte de Primavera, no corte para feno e no corte de Outono para os anos 1998-99. Letras diferentes indicam a existência de diferenças significativas (p<0.01) entre os tratamentos dentro do mesmo lameiro e corte. P1: pastoreio normal, P2: pastoreio tardio; 0, 1, 2: N0, N75 e N150 kg de N·ha<sup>-1</sup>, respectivamente. (Na ausência de diferenças significativas entre os tratamentos, apresentam-se unicamente as médias Ni ou Pi, respectivamente).

cinco lameiros, o pastoreio tardio P2 provoca aumentos da DIVMO que oscilam entre 0,9 % (M9) e 3,32 % (M11). Os teores de proteína tiveram a maior diminuição no M10 (2,22 %), enquanto nas restantes pastagens o efeito positivo do P2 no aumento dos teores de PB não se verificou ou foi insignificante. Contudo estes aumentos de DIVMO e dos teores de PB não foram suficientes para contrariar as menores produções de MS no

P2, pelo que a produção de PB e de EM são sempre superiores no pastoreio usual P1, pelo que deve ser este o pastoreio a recomendar em todos os lameiros.

Salienta-se que estes resultados foram obtidos em condições ecológicas e comunidades vegetais muito diferentes, desde a região do Barroso à região de Miranda do Douro/Vimioso.

Relativamente à adubação azotada, os acréscimos que provoca na produção de PB são de 0,08 t (N1-N0) e 0,19 t (N2-N1) no M8 a 0,18 t (N1-N0) e 0,3 t (N2-N1). De igual modo os acréscimos de produção de EM situam-se entre 4,74 GJ (N1-N0) e 9,79 GJ (N2-N1) no M8 a 10,49 GJ (N2-N1-N0) no M4 e 10,76 GJ (N2-N1-N0) no M10. Face às respostas quadráticas ou lineares verificadas em função da adubação azotada, em nenhum destes lameiros se atinge o máximo de N a aplicar. Nesta situação apenas a diversidade florística pode ajudar a decidir a adubação azotada mais conveniente, de forma a salvaguardar o compromisso entre a produtividade e a biodiversidade em geral. Perante as respostas à adubação azotada das proporções de gramíneas e de leguminosas (Figura 5), verifica-se que nunca deverá ultrapassar 75 kg de N·ha<sup>-1</sup>, devido à redução drástica da proporção de leguminosas que ocorre a partir deste valor de N. De forma a garantir uma proporção de famílias de plantas mais equilibrada, e dado o efeito cumulativo ao longo dos anos da fertilização, nunca se deverá ultrapassar 40-50 kg de N·ha<sup>-1</sup>, como [8] verificaram.

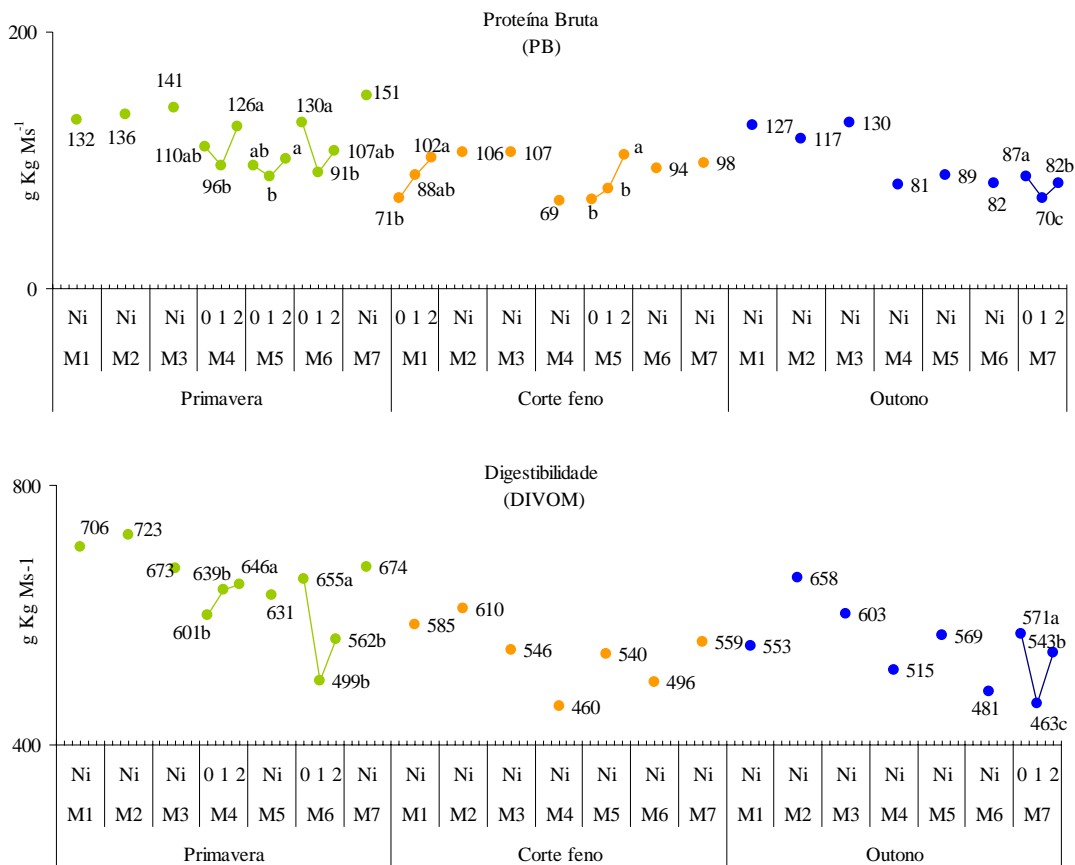


Figura 3. Teores de proteína bruta (g Kg MS<sup>-1</sup>) e digestibilidade (g Kg MS<sup>-1</sup>) nos lameiros em estudo (M1-M7) obtidos no corte de Primavera, no corte para feno e no corte de Outono para os anos de 1998 -99, considerando os valores médios de P1 e P2. Letras diferentes indicam a existência de diferenças significativas (p<0.01) entre os tratamentos de adubação azotada (N) dentro do mesmo lameiro e corte. 0,1,2: N0, N75 e N150 kg de N·ha<sup>-1</sup>, respectivamente. (Na ausência de diferenças significativas entre os tratamentos, apresentam-se unicamente as médias da adubação azotada Ni).

### 3.3 Produção total anual

A produção total anual destas pastagens em condições de sequeiro ou de regadio imperfeito atinge valores de 10,4 - 12,6 t de MS ha<sup>-1</sup> (N0 - N1) para o caso de lameiros eutróficos como em Rio de Fornos (M1), e 5,1 - 5,7 t de MS ha<sup>-1</sup> (N0 - N1) no caso de lameiros oligotróficos como em Angueira (M6). A produção de Primavera representa 18 % (N0 e N1) e 25 - 17 % (N0 - N1) da produção anual em M1 e M6, respectivamente, e a produção de feno representa 56 - 63 % (N0 - N1) e 45 - 52 % (N0 - N1), respectivamente em M1 e M6. Por outro lado, a produção de MS ao longo do ano em lameiros de regadio é distribuída de forma mais uniforme na

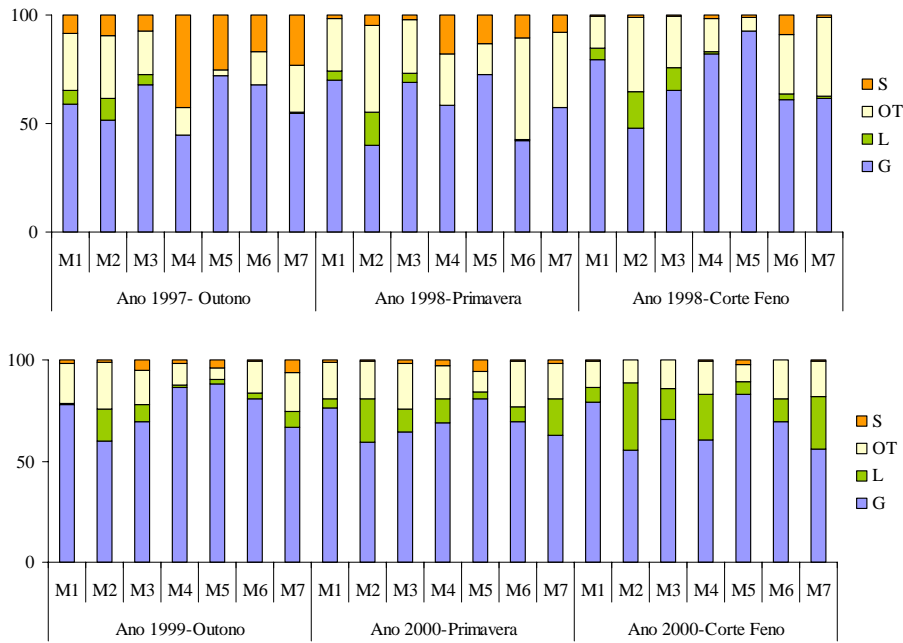


Figura 4. Composição florística dos lameiros em estudo (M1-M7) de 1997 a 2000, onde: S - solo nu; L – leguminosas; G - gramíneas e OT - percentagem de outras espécies.

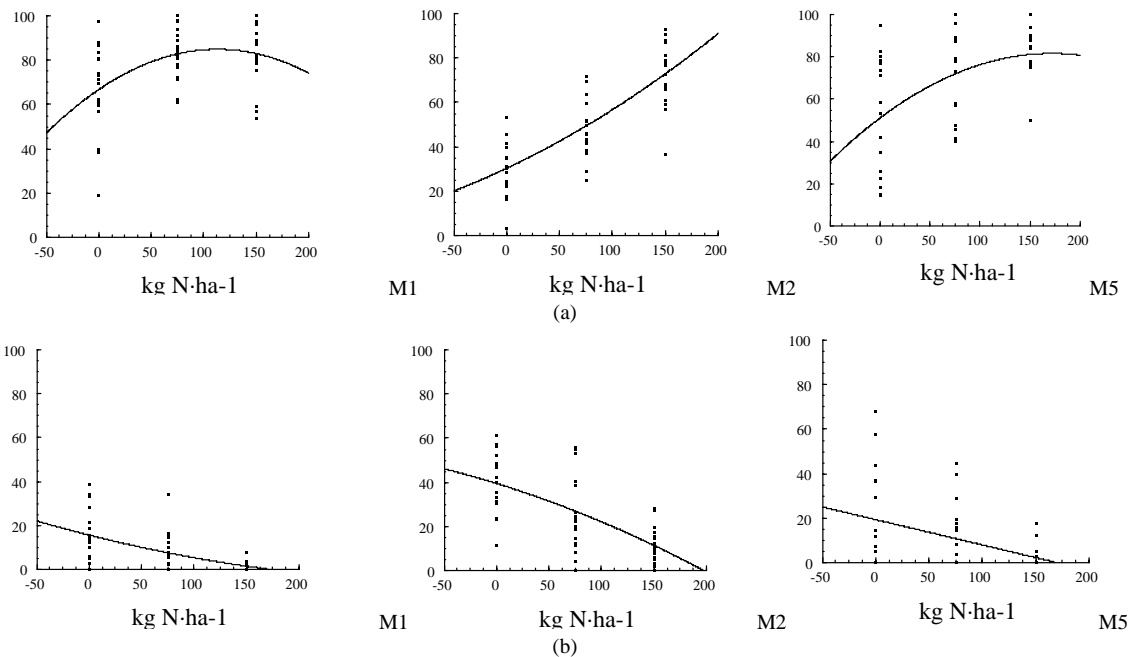


Figura 5. Efeito da adubação azotada nas percentagens de gramíneas (a) e leguminosas (b) no corte para a produção de feno em três lameiros (M1, M2 e M5, respectivamente, eutrófico, mesotrófico e oligotrófico), considerada representativa do tipo de resposta destes grupos de plantas à aplicação de azoto (valores médios de 1998 a 2000).

estação de crescimento, correspondendo a produção de feno a 61 - 62% do total anual [9], cabendo à produção de Verão 20 a 22% (2 a 3 t de MS ha<sup>-1</sup>) e à produção de Primavera 5 a 7 %. Salienta-se que a produção total anual em regadio pode não ser muito superior à obtida nos melhores lameiros de regadio imperfeito, como é este o caso. Os teores de PB e DIVMO no corte de Verão situam-se entre 12 e 16 % (PB) e 54 e 62 % (DIVMO) [10]. Estes dados foram obtidos para as comunidades de *Agrostio-Arrhenatheretum bulbosi*, a 1010 m de altitude na localidade de Lamas de Olo e *Anthemido nobilis-Cynosuretum cristati*, a 780 m de altitude na localidade de Fervença, região de Vila Real/Vila Pouca de Aguiar.

Tabela 2. Teores de PB, valores de DIVMO, produção de PB e de EM calculados a partir das superfícies de resposta ajustadas para estes seis lameiros (M) segundo [6]. As variáveis independentes utilizadas foram: pastoreio (P) com os valores 1 (pastoreio habitual (P1)) e 2 (pastoreio tardio (P2)); a adubação azotada (N) com os valores de 0 a 150 kg N ha<sup>-1</sup>; e o período de crescimento do feno (D) com os valores de 30-60-90 dias.

M	P	N	Dias	PB	DIVMO	PB	EM	M	P	N	Dias	PB	DIVMO	PB	EM		
		(kg ha <sup>-1</sup> )		(%)	(%)	(tha <sup>-1</sup> )	(MJ ha <sup>-1</sup> )			(kg ha <sup>-1</sup> )		(%)	(%)	(tha <sup>-1</sup> )	(MJ ha <sup>-1</sup> )		
M8	P1	0	30	12.97	60.56	0.31	20245	M11	P1	0	30	15.27	68.40	0.51	31832		
			60	11.64	56.78	0.35	25670				60	12.43	60.89	0.58	39972		
			90	8.69	50.48	0.25	26618				90	11.38	58.13	0.50	36981		
			75	30	13.14	57.85	0.34		21925		75	30	15.56	68.40	0.56	35094	
		60		12.48	54.07	0.43	30409		60	12.72		60.89	0.69	47681			
		90		10.21	47.77	0.37	34417		90	11.68		58.13	0.64	46322			
			150	30	13.31	59.64	0.48		28655		150	30	15.85	68.40	0.61	38355	
		60		13.33	55.86	0.62	40199		60	13.01		60.89	0.81	55390			
		90		11.73	49.56	0.61	47267		90	11.97		58.13	0.79	55662			
		P2	0	30	12.97	62.62	0.31	20245		P2	0	30	15.27	71.73	0.41	22914	
	60			11.64	58.84	0.35	25670	60	12.43			64.21	0.47	31053			
	90			8.69	52.54	0.25	26618	90	11.38			61.46	0.40	28063			
			75	30	12.64	59.91	0.27	18018		75	30	15.85	71.73	0.46	26176		
	60			11.98	56.13	0.36	26503	60	13.01		64.21	0.59	38763				
	90			9.71	49.83	0.30	30511	90	11.97		61.46	0.54	37403				
			150	30	12.31	61.70	0.34	20842		150	30	16.44	71.73	0.51	29437		
	60			12.33	57.92	0.48	32387	60	13.60		64.21	0.71	46472				
	90			10.73	51.62	0.47	39455	90	12.55		61.46	0.68	46744				
	M9	P1	0	30	9.23	59.59	0.28	26361	M1	P1	0	30	11.67	62.63	0.46	36682	
				60	7.84	52.61	0.35	37105				60	10.13	58.21	0.46	44257	
				90	6.65	46.66	0.32	38913				90	8.46	58.02	0.46	49306	
				75	30	9.90	60.48	0.33		29722		75	30	12.66	63.41	0.54	40959
			60		8.50	53.50	0.48	45662		60	11.12		58.99	0.64	53782		
			90		7.32	47.55	0.52	51902		90	9.45		58.80	0.71	62331		
			150	30	10.57	61.38	0.38	33084			150	30	13.65	59.69	0.62	45236	
60				9.17	54.40	0.61	54219	60		12.11		55.27	0.82	63307			
90				7.98	48.44	0.71	64890	90		10.44		55.08	0.96	75355			
		P2	0	30	59.59	22502		P2	0	30	11.67	62.63	0.33	21649			
60				52.61	33246	60	10.13			58.21	0.33	29223					
90				46.66	35055	90	8.46			58.02	0.33	34273					
			75	30	61.38	25864		75	30	13.65	66.44	0.41	25925				
60				54.40	41803	60	12.11		62.02	0.51	38748						
90				48.44	48043	90	10.44		61.83	0.58	47297						
			150	30	63.16	29225		150	30	15.63	65.75	0.49	30202				
60				56.18	50360	60	14.09		61.33	0.69	48274						
90				50.23	61031	90	12.42		61.14	0.83	60321						
M10		P1	0	30	14.27	58.30	0.31	17809	M4	P1	0	30	10.63	56.96	0.20	14385	
				60	12.02	53.69	0.31	20236				60	8.61	51.75	0.23	18184	
				90	6.98	46.68	0.31	30263				90	7.64	50.15	0.19	17396	
				75	30	14.22	58.30	0.36		20461		75	30	11.16	57.86	0.25	16865
			60		12.78	53.69	0.49	30991		60	9.14		51.02	0.36	28645		
			90		8.41	46.68	0.61	47772		90	8.16		48.93	0.34	30295		
			150	30	15.29	58.30	0.52	23112			150	30	11.68	58.75	0.30	19346	
	60			14.66	53.69	0.79	41746	60		9.66		50.29	0.49	39106			
	90			10.97	46.68	1.02	65280	90		8.69		47.71	0.50	43194			
		P2	0	30	14.27	58.30	0.31	17809		P2	0	30	10.63	54.36	0.17	14385	
	60			12.02	53.69	0.31	20236	60	8.61			49.15	0.20	18184			
	90			6.98	46.68	0.31	30263	90	7.64			47.55	0.16	17396			
			75	30	13.11	58.30	0.27	18160		75	30	11.68	57.14	0.22	14469		
	60			11.67	53.69	0.40	28690	60	9.66		50.30	0.33	26249				
	90			7.30	46.68	0.52	45471	90	8.69		48.21	0.31	27899				
			150	30	13.07	58.30	0.34	18511		150	30	12.73	59.91	0.27	14554		
	60			12.44	53.69	0.61	37145	60	10.71		51.46	0.46	34314				
	90			8.75	46.68	0.84	60679	90	9.74		48.87	0.47	38403				

## 4 Considerações finais

As pastagens de montanha, lameiros, além de serem considerados verdadeiros agroecossistemas, com relevância ambiental e paisagística, são de igual modo como uma atividade produtiva indispensável ao funcionamento dos sistemas agro-pecuários de montanha. O seu contributo para a produtividade e sustentabilidade económica destes sistemas é decisiva, uma vez que tradicionalmente não há uma sistemática aplicação de fatores de produção exteriores ao sistema, nomeadamente fertilizantes. A aplicabilidade dos resultados obtidos prende-se com a possibilidade de planear de forma melhor fundamentada a alimentação dos efetivos pecuários, poder melhorar a qualidade dos fenos produzidos nestas pastagens e conservar a diversidade florística que naturalmente possuem. Este compromisso entre a produtividade, valor nutritivo e diversidade florística, tem de ser conseguido minimizando o mais possível as fertilizações a aplicar. Estas deverão cobrir as exportações que decorrem, essencialmente da produção de feno. A adubação azotada é a que tem efeitos mais rápidos e acentuados na diversidade florística, por isso o seu valor nunca deverá ser superior aos 40-50 kg de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, a aplicar na data em que os lameiros são coutados. Finalmente o valor nutritivo do feno obtido está principalmente dependente do número de dias de crescimento, pelo que não deverá ser superior a 60-70 dias, antecipando simultaneamente o mais possível a data de corte.

### Referências

- [1] Pires, J. M., P.A., Pinto & N.T., MOREIRA 1994. Lameiros de Trás-os-Montes. Perspectivas de futuro para estas pastagens de montanha. In: Série Estudos nº 29, 1-96. Ed. IPB. Bragança
- [2] Moreira, N. T. 1986. O melhoramento das pastagens de montanha. UTAD, 73 pp. Vila Real.
- [3] Teles, A. N. 1970. Os lameiros de montanha do Norte de Portugal. Subsídios para a sua caracterização fitossociológica e química. *Agronomia Lusitana*, XXXI (I-II), 5-130.
- [4] Spiegelberger T., Deléglise C., DeDanieli S. & Claude Bernard-Brunet C. 2010 Resilience of acid subalpine grassland to short-term liming and fertilisation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137: 158–162.
- [5] Mut H., I., Ayan, Z. Acar & U. Basaran. 2010. The effect of different improvement methods on pasture yield and quality of hay obtained from the abandoned rangeland. *Journal of Field Crops*, 15(2), 198-203
- [6] Pires, J. M., A. Fernandes, A. Bernardo, J. Pires & N. Moreira. 2005. Meadow management hay yields and nutritive value in the Mediterranean mountain regions of the Northeast of Portugal. *Options Méditerranéennes, Series A*, 67: 67-73.
- [7] Polo, J. L. M. & I.G. BELLIDO. 1993. El centeno como planta forrajera para pastoreo de Invierno-Primavera en zonas semiaridas frias. II. Valor nutritivo. *Investigation Agrária: Prod. Prot. Veg.*, 8 (2), 215-220.
- [8] Sun X., N. Luo, B. Longhurst & J. Luo 2008. Fertiliser Nitrogen and Factors Affecting Pasture Responses. *The Open Agriculture Journal*, 2, 35-42
- [9] Pires, J.M., H., Trindade, V., Martins & N. Moreira 2000. Produção ao longo do ano de pastagens de montanha sob o efeito da adubação azotada e do prolongamento do pastoreio na primavera. I – Produção de matéria seca na zona de Vila Real. XXI Reunião da SPPF e XL Reunión Científica de la SEEP, Xunta de Galicia,: 301-308.
- [10] Pires, J.M., H., Trindade, V., Martins & N. Moreira 2000. Produção ao longo do ano de pastagens de montanha sob o efeito da adubação azotada e do prolongamento do pastoreio na primavera. III – Digestibilidade e teores de proteína bruta na zona de Vila Real. XXI Reunião da SPPF e XL Reunión Científica de la SEEP, Xunta de Galicia,: 317-323.

## Fertilização de pastagens de sequeiro em modo de produção biológico

Esther Fernández Nuñez<sup>1</sup>, Manuel A. Rodrigues<sup>1</sup>, Margarida Arrobas<sup>1</sup>, Carlos F. Aguiar<sup>1</sup>, R. Cuiña-Cotarelo<sup>2</sup>, M. Rosa Mosquera-Losada<sup>2</sup>, A. Rigueiro-Rodríguez<sup>2</sup>, Nuno Moreira<sup>3</sup> & Jaime M. Pires<sup>1</sup>

1–Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança  
Campus de Sta Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 Bragança

2–Departamento de Producción Vegetal, Escola Politécnica Superior, Universidade de Santiago de Compostela. 27002 Lugo, Espanha.

3–Escola de Agricultura e Ciências Veterinárias, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5001-801 Vila Real  
esther.fernandez@ipb.pt

*Resumo* – O sistema agro-pecuário é o sistema de agricultura dominante nas regiões de montanha do nordeste de Portugal entre os 400 e 1200 m de altitude. O funcionamento deste sistema reside tradicionalmente na produção cerealífera e na produção animal, essencialmente bovinos de raças autóctones. Contudo, a descida dos preços dos cereais na última década e o aumento dos preços dos fatores de produção, tem levado a uma diminuição da área de cereal. Trata-se de sistemas de agricultura com reduzidas entradas de fatores de produção externos, e como tal bem adaptados aos princípios do modo de produção em agricultura biológica. A introdução de pastagens de sequeiro baseadas em leguminosas anuais de ressementeira natural, como o trevo subterrâneo, permite voltar a cultivar áreas abandonadas pelo cereal ou substituir o tradicional pousio/alqueive, melhorar a disponibilidade de alimento para os efetivos pecuários e manter uma reduzida entrada de fatores de produção no sistema. Para o efeito considerou-se importante o estudo da fertilização de instalação de pastagens de sequeiro, utilizando fatores de produção permitidos em agricultura biológica, que tem vindo a ser desenvolvido na região de Bragança. As fertilizações compreendem a comparação da aplicação de estrumes, fertilização orgânica, combinada ou não com fertilização mineral. Os principais resultados obtidos permitem concluir que os tratamentos com fertilização orgânica, combinada ou não com fertilização mineral permitem obter i) as maiores produções de pasto, atingindo por exemplo, 3-4 t de MS-ha<sup>-1</sup> contra 1-2 t nos tratamentos com fertilização mineral ou sem fertilização ii) as maiores proporções de leguminosas no pasto, 25 a 70%, valores superiores em mais de 20% aos tratamentos com fertilização mineral e iii) os maiores teores de N, P, Mg e Ca. Pode-se concluir que a fertilização orgânica, com recurso a fatores de produção internos ao sistema, permite substituir a fertilização mineral na instalação destas culturas.

*Palavras-chave:* fertilização orgânica e mineral, produção de pastagens, leguminosas, nutrientes.

### 1 Introdução

A potencialidade de cultivo das pastagens de sequeiro baseadas em leguminosas anuais de ressementeira natural, como o trevo subterrâneo, está diretamente relacionada com a ocupação de áreas anteriormente cultivadas com cereal ou mesmo atualmente ocupadas com a rotação cereal-alqueive (pousio). Nas regiões de montanha estas áreas fazem, sobretudo parte dos sistemas agro-pecuários, sendo uma das principais componentes destes sistemas em conjunto com a produção animal, essencialmente bovinos de raças autóctones. A evolução desfavorável dos preços dos fatores de produção e dos produtos obtidos na agricultura, tem sido um dos fatores responsáveis pela diminuição da componente cerealífera destes sistemas e consequente abandono da maior parte da área de solo anteriormente ocupada por este sector produtivo. Refira-se a título de exemplo que o índice de preços de bens e serviços de consumo corrente na agricultura aumentou 35 % de 2005 a 2011 enquanto o índice de preços da produção de bens agrícolas aumentou no mesmo período apenas 10 %. Os adubos e corretivos são os principais responsáveis pelo aumento dos preços de bens e serviços, 20,9 % de 2010 para 2011 logo seguidos da energia, lubrificantes e alimentos para animais (15,5 %) [1].

A evolução da área ocupada pela cerealicultura em Trás-os-Montes, ajuda-nos a perceber as alterações significativas que ocorreram relativamente ao padrão de uso do solo, nas últimas décadas (1979 a 2009), e consequentemente as possibilidades de expansão das pastagens de sequeiro e da produção animal. A Fig.1 evidencia nitidamente uma transferência de área agrícola não utilizada (SANU)/ocupada com matos e da área de cerealicultura (cereais de O/I e pousios) existente em 1979, para pastagens permanentes e culturas

permanentes em 2009. Da área de pastagens permanentes, em 2009, apenas 40 % são pastagens melhoradas (onde se incluem os lameiros) ou semeadas [2]. A área potencialmente utilizável para a introdução das pastagens de sequeiro à base de trevo subterrâneo, contabilizando apenas a superfície de pastagens permanentes não melhoradas nem semeadas é de 80754 ha [2].

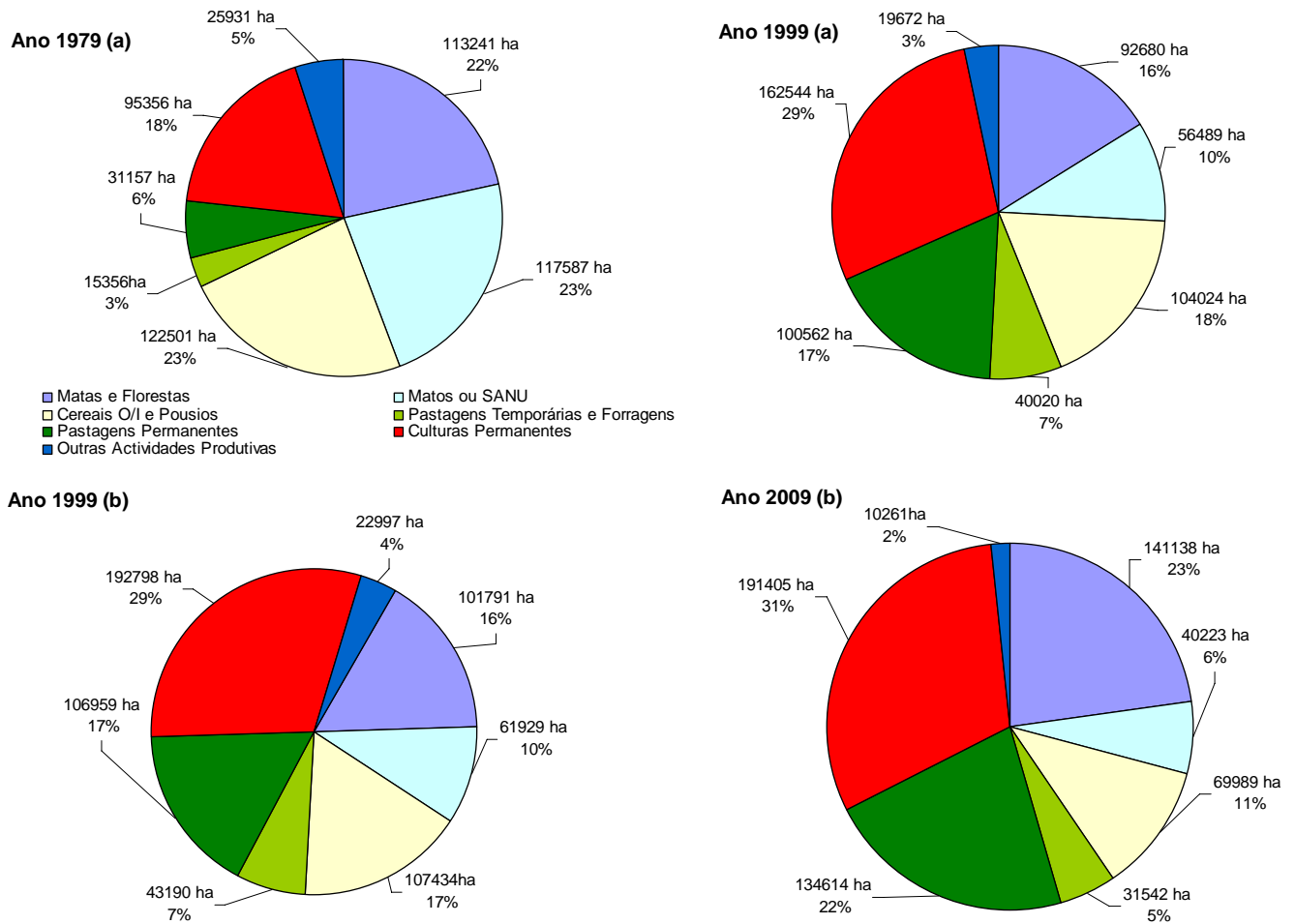


Figura 1. Uso do solo em Trás-os-Montes de 1979 a 2009 expresso em ha e percentagem da superfície das explorações agrícolas. ((a) valores relativos à província de Trás-os-Montes excluindo os concelhos de Mondim de Basto e Ribeira de Pena; (b) valores relativos à região agrária de Trás-os-Montes). (Fonte: [3]; [4]; [2].)

Contudo, a evolução dos efetivos pecuários (Fig. 2) não acompanhou a maior disponibilidade de áreas de pastagem e forragem, evidenciando uma baixa eficiência na utilização destas culturas, o que inevitavelmente conduz à sua degradação. Neste sentido, a introdução de pastagens melhoradas em condições sequeiro à base de trevo subterrâneo só se poderá considerar viável em termos técnicos e económicos se o efectivo pecuário for simultaneamente ajustado às maiores disponibilidades de pasto e forragem.

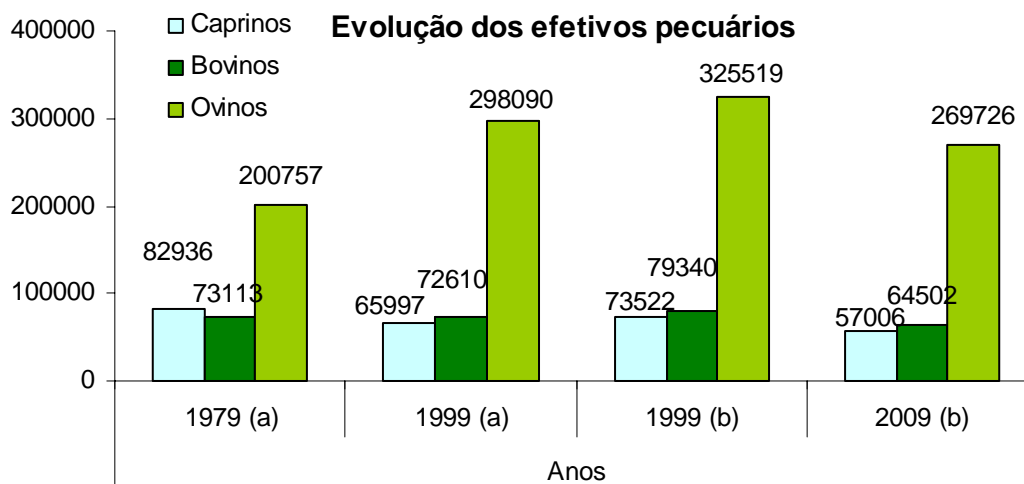


Figura 2. Evolução dos efetivos pecuários (bovinos, ovinos e caprinos) de 1979 a 2009 (nº total de cabeças). ((a) valores relativos à província de Trás-os-Montes excluindo os concelhos de Mondim de Basto e Ribeira de Pena; (b) valores relativos à região agrária de Trás-os-Montes). Fonte: [3]; [4]; [2].)

Estas pastagens de sequeiro, baseadas em trevo subterrâneo e outras leguminosas anuais de ressementeira natural podem fornecer em Trás-os-Montes produções anuais de matéria seca (MS) entre 3 e 9 t ha<sup>-1</sup>, respetivamente para solos de encosta em regiões de menor precipitação (400 a 500 mm) e solos de baixa ou base de encosta em regiões de maior precipitação (700 a 900 mm) [5]. Atendendo à sazonalidade do seu crescimento, a biomassa produzida ocorre principalmente em duas estações do ano, Primavera com 85 % e Outono com 15 % da produção anual [5]. Contudo esta sazonalidade pode e deve ser atenuada através do consumo do excesso de erva produzida na Primavera, sob a forma de pasto seco durante o Verão, ou pela prática da fenação na Primavera. O aumento de produção de pasto que estas pastagens fornecem e a sua sazonalidade obrigam de qualquer forma ao aumento da área de forragens conservadas, para complemento da alimentação animal no Inverno mas também no Verão, necessidades essas acrescidas ainda em função do ajustamento do efectivo pecuário que for recomendável. Face ao exposto, qualquer sementeira de novas áreas com pastagens deverá estar associada a ajustamentos nos efectivos pecuários e nas áreas destinadas a forragens conservadas, pois só desta forma se retirará destas culturas a potencialidade de produção e o rendimento económico desejado. De qualquer forma trata-se de culturas cujos encargos de instalação não são demasiado elevados, uma vez que não necessitam de adubações azotadas e se trata de culturas plurianuais. As aquisições de factores de produção externos resumem-se às sementes e fertilizantes (introdução de fósforo, potássio, cálcio), mais a proporção de combustíveis, lubrificantes e manutenção dos equipamentos utilizados (tractor, equipamentos de mobilização do solo, distribuição de sementes e fertilizantes). A título indicativo, os custos com a aquisição de fertilizantes e sementes não excedem em geral os 700 €ha<sup>-1</sup>, mesmo utilizando fertilizantes permitidos em agricultura biológica, considerando um solo de reacção ligeiramente ácida, com muito baixos teores de fósforo e teores médios de potássio. Os custos com a aquisição de sementes representam proporcionalmente 15 % do valor referido. Contudo, qualquer redução no consumo de factores de produção externos, além de contribuir para melhorar a eficiência do sistema de agricultura praticado, reduz os custos de instalação destas culturas, e consequentemente, contribui para melhorar a rentabilidade económica do sistema. O tradicional sistema agro-pecuário, dominante nas regiões de montanha do nordeste de Portugal, inclui a produção de cereais como uma das suas componentes mais importante, já que esta actividade produtiva tem estado sempre associada á produção animal, como os dados sobre o uso do solo na Figura 1 e os valores sobre os efectivos pecuários na Figura 2 deixam antever. Consequentemente, o tradicional sistema de produção praticado, com utilização das palhas e em alguns casos de matos nas camas dos animais, conduz á produção de estrumes que podem ser utilizados como fertilização orgânica nas culturas praticadas, à semelhança do que acontecia antes da introdução dos fertilizantes de síntese.

Por outro lado é uma técnica de produção recomendada em agricultura biológica e chave para a sustentabilidade destes sistemas de agricultura.

Para o efeito foi desenvolvido um estudo sobre a fertilização de instalação de pastagens de sequeiro à base de trevo subterrâneo, comparando a aplicação de estrumes, fertilização orgânica, combinada ou não com a

fertilização mineral. A viabilidade destas técnicas de fertilização foi avaliada através de recolha de dados sobre produtividade, composição florística e composição mineral do pasto, cujos resultados são incluídos neste trabalho.

## 2 Material e métodos

O ensaio foi estabelecido em Vila Meã (Bragança) a 860 m de altitude no ano 2003 num solo ácido,  $pH_{(H_2O)}$  de 4,5, com  $42\text{ g kg}^{-1}$  de MO,  $42\text{ mg kg}^{-1}$  de  $P_2O_5$  e  $81\text{ mg kg}^{-1}$  de  $K_2O$ . Foi estudada a aplicação de estrume de bovinos de carne (M), calcário (Ca), fósforo (P) e boro (B), em doses únicas, combinados de forma aditiva, em comparação com a testemunha (NF) de que resultam os seguintes tratamentos: *testemunha (NF)*, *calcário*, *estrumeação*, *estrumeação+calcário+fósforo+boro*, *calcário+fósforo+boro* e *calcário+fósforo*. Os fertilizantes foram aplicados nas seguintes doses,  $30000\text{ kg}$  de estrume  $ha^{-1}$ ,  $1500\text{ kg}$  de calcário dolomítico  $ha^{-1}$ ,  $100\text{ kg}$  de fósforo  $ha^{-1}$  equivalente a  $377\text{ kg ha}^{-1}$  de fertigafsa 26,5 %,  $1\text{ kg}$  de boro  $ha^{-1}$  equivalente a  $6,6\text{ kg ha}^{-1}$  de borax 15,2 %, e incorporados através de uma escarificação.

Os tratamentos de fertilização foram aplicados em dois tipos de pastagem: *vegetação espontânea* e *pastagem semeada*, constituída pela mistura das seguintes espécies e cultivares: *Trifolium subterraneum* Denmark ( $1,3\text{ kg ha}^{-1}$ ) e Gosse ( $1,3\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Trifolium vesiculosum* Zulu ( $1,3\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Trifolium michelianum* Bolta ( $0,6\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Trifolium incarnatum* Inta ( $1,3\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Ornithopus sativus* Emena ( $1,3\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Ornithopus compressus* Avila ( $0,6\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Biserrula pelecinus* Casbah ( $0,6\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Trifolium resupinatum* Kyambro ( $0,6\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Trifolium repens* Haifa ( $0,6\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Trifolium fragiferum* Palestine ( $0,3\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Cichorium. intybus* Puna ( $0,6\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Lolium multiflorum* Pollanum ( $2,5\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Lolium perenne* Victorian ( $3,8\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Dactylis glomerata* Amba ( $0,4\text{ kg ha}^{-1}$ ); *Phalaris aquatica* Holdfast ( $0,6\text{ kg ha}^{-1}$ ). As sementes foram espalhadas manualmente e incorporadas com uma escarificação superficial. A área mínima de cada talhão foi de  $330\text{ m}^2$ . O efeito dos tratamentos obteve-se através de avaliações da produtividade de pasto, da composição florística e dos nutrientes exportados para a parte aérea em cada tratamento. Para o efeito procedeu-se à recolha de amostras de pasto ao longo do ano, na Primavera (Abril/Maio e Junho) e no Outono em Novembro/Dezembro durante os anos de estudo. Por forma a permitir o pastoreio de acordo com o manejo praticado pelo agricultor e simultaneamente permitir a recolha de dados, foram colocadas três caixas fechadas de rede ( $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ) em cada tratamento de fertilização dentro de cada tipo de pastagem segundo o maior declive. A colheita de amostras de pasto efectuou-se em superfícies quadradas de  $0,25\text{ m}^2$  dentro de cada caixa, procedendo-se de seguida à mudança de local das caixas dentro de cada talhão. A massa verde colhida em cada caixa foi guardada num saco plástico fechado, determinando-se o seu peso em matéria verde numa balança electrónica com sensibilidade de  $0,01\text{ g}$ , sendo seguidamente colocada num tabuleiro de rede e levada à estufa a secar durante  $48\text{ h}$ , determinando-se à saída da estufa o peso em matéria seca (MS). As amostras secas foram posteriormente moídas num moinho de martelos com uma malha de  $1\text{ mm}$ . Depois de uma digestão num equipamento microKjeldahl, o azoto total (N) e os níveis de fósforo (P) foram determinados por colorimetria usando um o equipamento, TRAACS 800+ [6], enquanto que os teores totais de cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg) foram obtidos mediante espectrofotometria de absorção atómica VARIAN 220FS. Paralelamente, em cada corte foram efectuadas avaliações da composição florística pelo método dos pontos quadrados, dentro de cada caixa antes da amostragem. A distância entre as agulhas foi de  $5\text{ cm}$  e tendo-se efetuado dez descidas das agulhas em cada amostragem, anotando os toques com as famílias de espécies: gramíneas e outras espécies (G+OT) e leguminosas (L). São apresentados neste trabalho os resultados relativos à produção de Primavera de 2004, 2005 e 2007.

## 3 Resultados

Os resultados obtidos relativamente à produtividade foram os seguintes (ver Fig. 3):

- na vegetação espontânea as produções ficaram compreendidas entre  $0,10-1,37$ ;  $0,50-1,10$ ;  $0,40-3,70\text{ t MS ha}^{-1}$  durante os anos 2004, 2005 e 2007, respetivamente;
- na pastagem semeada ficaram por seu lado compreendidas entre  $0,40-4,01$ ;  $0,40-1,40$  e  $1,40-3,70\text{ t MS ha}^{-1}$  para o primeiro, segundo e terceiro ano, respetivamente
- embora o tratamento estrumeação + fertilização mineral (MCPB) tenha fornecido no primeiro ano as maiores produções ( $4,01\text{ t MS ha}^{-1}$ ) na pastagem semeada, as diferenças para os restantes tratamentos desvaneceram-se nos anos seguintes;

- as maiores produções nos três anos foram sistematicamente obtidas nos tratamentos com estrumeação, isoladamente ou em combinação com a fertilização mineral, entre os quais não houve diferenças significativas nos dois últimos anos;
- os tratamentos com calcário ((Ca) e calcário + fósforo (CaP)) recuperaram no último ano, após um ano sem pastoreio para favorecer a ressementeira das plantas, e apresentaram valores de produção sem diferenças significativas relativamente aos tratamentos com estrumeação. Esta recuperação pode ser devida ao efeito estimulante do cálcio na ressementeira de leguminosas e no seu desenvolvimento [7].

Relativamente à composição florística, os resultados foram os seguintes (ver Fig. 3):

- na vegetação espontânea as percentagens de leguminosas ficaram compreendidas entre 0-3%; 0-20 %; 0-31 % durante os anos 2004, 2005 e 2007, respetivamente;
- na pastagem semeada ficaram por seu lado compreendidas entre 0-52%; 0-75%; 9-62% para o primeiro, segundo e terceiro ano, respetivamente
- as maiores percentagens de leguminosas ocorreram sempre no tratamento estrumeação mais fertilização mineral (M<sub>CaPB</sub>) na pastagem semeada, com diferenças significativas em relação a todos os restantes tratamentos no dois primeiros anos;
- Os tratamentos com estrumeação, acompanhados dos tratamentos com calcário ((Ca) e calcário + fósforo (CaP)) no último ano, apresentaram de seguida os maiores valores, sobretudo na pastagem semeada.

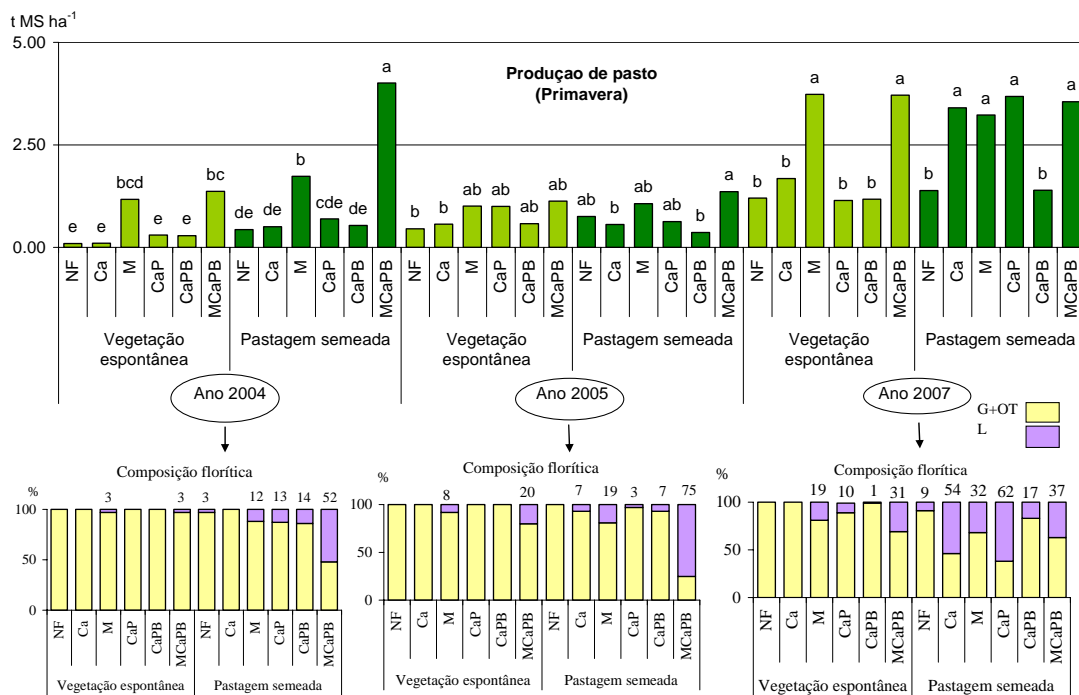


Figura 3. Produção de pasto (t MS ha<sup>-1</sup>) e composição florística (G+Ot: percentagem de gramíneas e outras espécies; L: percentagem de leguminosas) obtida nos três anos de estudo (2004, 2005 e 2007) nos dois tipos de pastagem estudadas (vegetação espontânea e pastagem semeada) nos seis tratamentos de fertilização aplicados: testemunha (NF), calcário (Ca), estrumeação (M), calcário+fósforo (CaP), calcário+fósforo+boro (CaPB), estrumeação+calcário+fósforo+boro (M<sub>CaPB</sub>). As letras diferentes indicam a existência dum efeito significativo do tratamento de fertilização aplicado dentro do mesmo ano de estudo (p<0.01).

O efeito positivo da aplicação de estrumes sobre as leguminosas foi corroborado por outro trabalho iniciado na Quinta do Poulão em 2008. Os resultados mostraram, uma vez mais, que as leguminosas semeadas beneficiaram assinalavelmente da aplicação de estrumes (40 t ha<sup>-1</sup>) à sementeira, apresentando um grau de cobertura de 35 % na Primavera, enquanto na fertilização mineral (Ca + P +K = 1 t de calcário + 0,2 t de fertifafsa 26,5 % + 0,05 t de cloreto de potássio 60 % ha<sup>-1</sup>) o grau de cobertura foi de apenas a 15 % [8]. Os mesmos autores verificaram por outro lado que a fertilização mineral (Ca + P +K) teve um efeito mais

favorável do que a aplicação de estrumes no desenvolvimento da flora adventícia regional de cereais (ex. *Papaver rhoeas*, *Anthemis arvensis*, *Lamium amplexicaule* e *Viola kitaibeliana*).

Relativamente à aos teores de nutrientes, os resultados foram os seguintes:

- apenas ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos de fertilização, para o caso dos teores de fósforo (P) na vegetação espontânea em 2005 e dos teores de potássio (K) na pastagem semeada em 2007 (Fig. 5).
- os teores de P apresentaram maiores valores nos tratamentos com estrumação (M e MCaPB), significativamente superiores aos restantes tratamentos de fertilização em 2005 na vegetação espontânea, seguindo de perto os resultados obtidos por [9], quando compararam a estrumação mais fertilização mineral com a fertilização mineral (Fig. 5).
- os maiores os teores de K foram obtidos na pastagem semeada fertilizada com calcário (Ca), sendo significativamente superiores aos teores apresentados nos tratamentos com estrumação e fertilização mineral completa em 2007 (Fig. 5).
- não obstante, os teores de azoto (N), magnésio (Mg) e cálcio (Ca) mostraram uma tendência para apresentarem maiores valores nos tratamentos com aplicação de estrume (M e MCaPB), associados por sua vez a maiores proporções de leguminosas. Esta contribuição das leguminosas para os maiores teores nestes nutrientes é justificada pela composição química mais favorável destas plantas [10] (Fig. 6).
- com excepção dos teores de K obtidos em 2007, os teores dos restantes nutrientes ou não diferiram ou foram significativamente superiores nos tratamentos com estrumação em comparação com os outros tratamentos;
- os teores de N, P, K e Ca são suficientes para suprir as necessidades nutricionais de bovinos [11], enquanto que os teores de Mg são insuficientes.

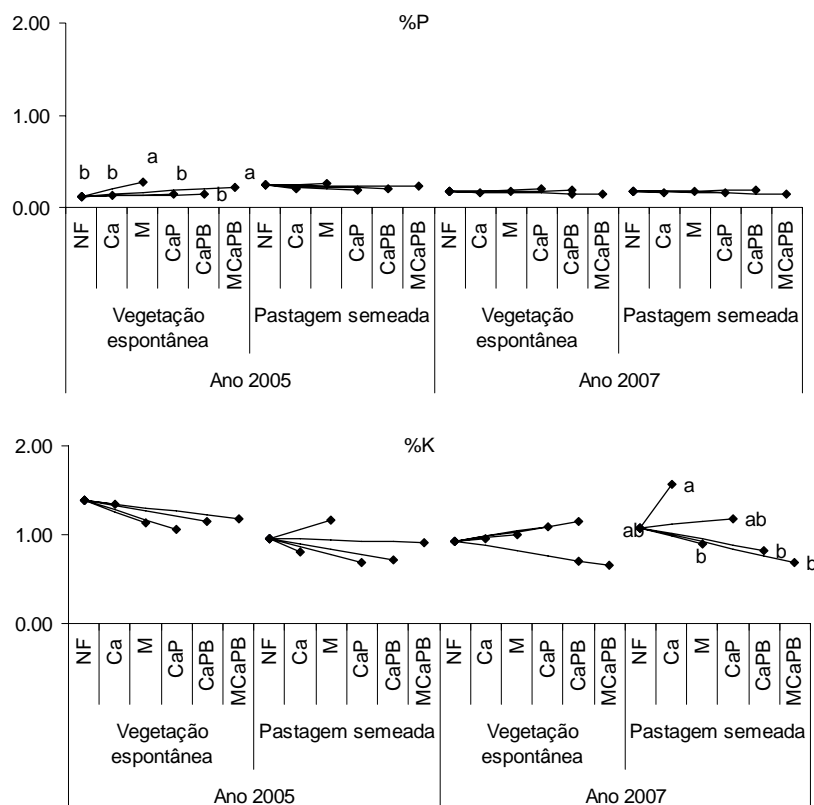


Figura 5. Qualidade da pastagem (%P, %K) nos anos 2005 e 2007, nos dois tipos de pastagem estudadas (vegetação espontânea e pastagem semeada) e nos seis tratamentos de fertilização aplicados: testemunha (NF), calcário (Ca), estrumação (M), calcário+fósforo (CaP), calcário+fósforo+boro (CaPB), estrumação+calcário+fósforo+boro (MCaPB). As letras diferentes indicam a existência de um efeito significativo do tratamento de fertilização aplicado dentro do mesmo ano de estudo ( $p < 0.01$ ).

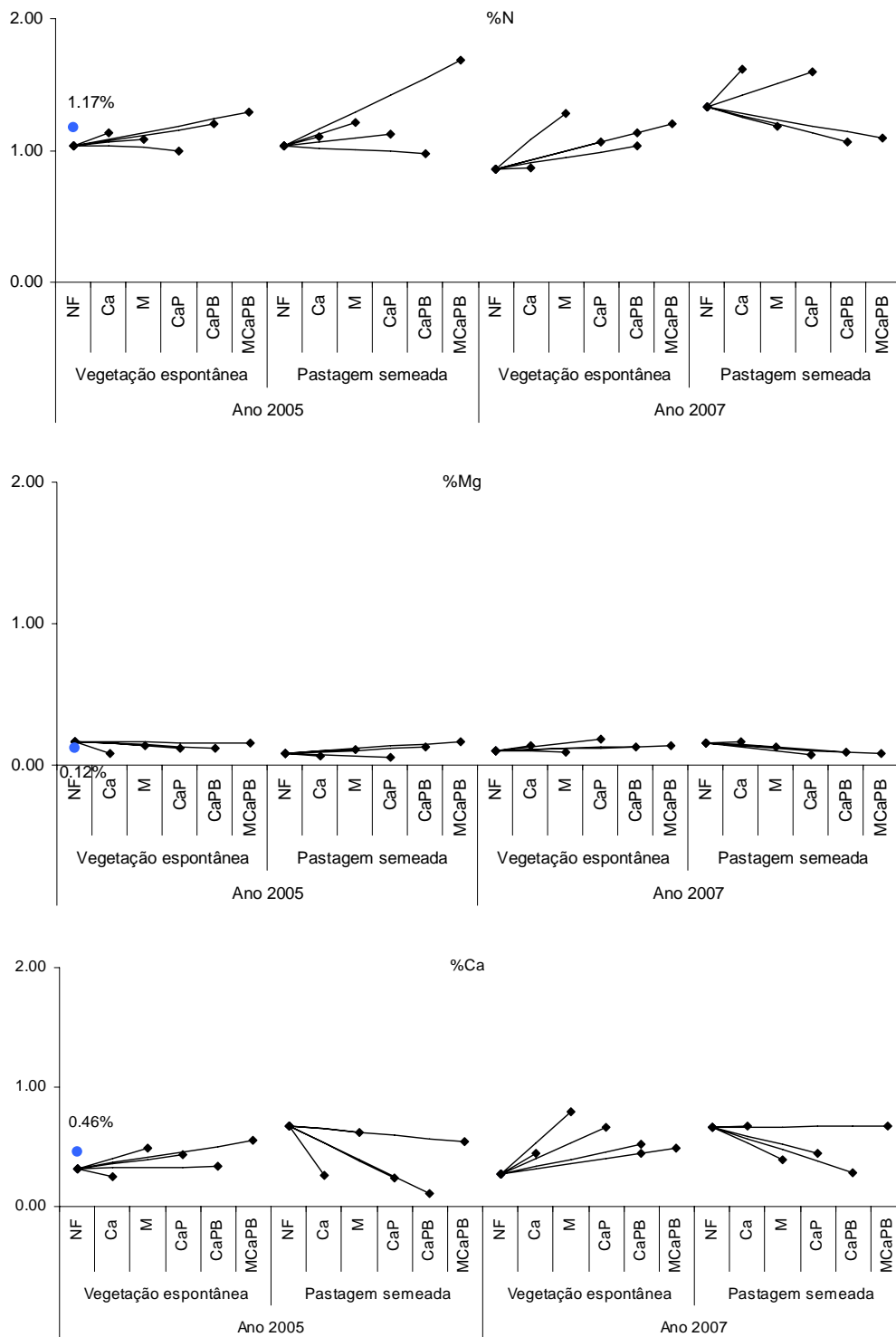


Figura 6. Qualidade da pastagem (%N, %Mg, %Ca) nos anos 2005 e 2007, nos dois tipos de pastagem estudadas (vegetação espontânea e pastagem semeada) e nos seis tratamentos de fertilização aplicados: testemunha (NF), calcário (Ca), estrumação (M), calcário+fósforo (CaP), calcário+fósforo+boro (CaPB), estrumação+calcário+fósforo+boro (MCaPB).

## 4 Considerações finais

Quando se iniciou este estudo não era expectável um efeito tão positivo da aplicação de estrumes, fertilização orgânica, na instalação da pastagem de sequeiro à base de trevo subterrâneo, quer na sua rápida germinação e emergência quer na produtividade. Muito menos se esperava que as leguminosas fossem favorecidas pela fertilização orgânica, em comparação com a fertilização mineral, atendendo aos teores mais elevados de azoto nos estrumes, 2 a 3 vezes superiores as teores de fósforo. Com excepção dos teores de sódio e magnésio, este conjunto de resultados conduziu também a teores de nutrientes suficientes para suprir as necessidades nutricionais de bovinos, relativamente aos restantes elementos estudados (N, P, K e Ca), mesmo nos tratamentos com fertilização orgânica.

[8] adiantaram que o efeito positivo da estrumação se deveu “possivelmente a modificações impostas pelos estrumes no balanço hídrico e nas propriedades físicas do solo. Os torrões de estrume certamente retiveram humidade bastante para facilitar a germinação dos trevos e sustentar em água as suas plântulas”.

Podemos concluir que a fertilização orgânica pode substituir a fertilização mineral na instalação de pastagens de sequeiro à base de trevo subterrâneo, sempre que incorporada à superfície do solo com escarificação e imediatamente antes da sementeira. A utilização deste fertilizante interno ao sistema agro-pecuário/exploração agrícola permite reduzir os custos de instalação destas culturas em cerca de 575 € ha<sup>-1</sup>, correspondente à aquisição de fertilizantes permitidos em modo de produção biológico.

Atendendo que o estudo foi efectuado nas condições ambientais mais desfavoráveis: baixa fertilidade do solo; altitude elevada (próxima dos 900 m); e em solos de encosta, onde não há lugar a acumulação de água e nutrientes oriundos de usos do solo a montante, os resultados podem ser perfeitamente extensíveis às áreas tradicionalmente ocupadas com cereais e mesmo com matos.

À semelhança dos resultados obtidos por [5] para condições ecológicas similares às verificadas neste estudo, a instalação de pastagens com base em vegetação espontânea não é de forma alguma viável, sendo imprescindível a introdução de plantas melhoradas, do mesmo tipo das utilizadas nesta experiência.

### Referências

- [1] INE 2012. *Estatísticas agrícolas 2011*. INE, Lisboa.
- [2] INE 2011. *Recenseamento agrícola 2009. Análise dos principais resultados*. INE, Lisboa
- [3] INE 1983. *Recenseamento agrícola do Continente 1979*. INE, Lisboa.
- [4] INE 2001. *Recenseamento agrícola do Continente 1999. Trás-os-Montes*. INE, Lisboa.
- [5] Pires, J. M., Fernandes, A., Pires, J. & Moreira, N. 2004. Pasture improvement in the Mediterranean Mountains of the Northeast of Portugal. Yield and botanical composition. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 62: 457-461
- [6] Castro, M.P., González, A. & Prada, D. (1990) Determinación simultánea de nitrógeno en muestras de pradera. *XXX Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 200-207.
- [7] Spiegelberger T., Deléglise C., DeDanieli S. & Claude Bernard-Brunet C. 2010 Resilience of acid subalpine grassland to short-term liming and fertilisation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137: 158–162.
- [8] Aguiar, C., J Pires, M. A. Rodrigues, J. Honrado & E. Fernández-Núñez 2010. Efeito da fertilização mineral e orgânica e do uso de misturas simples e complexas de sementes na instalação de pastagens anuais ricas em leguminosas. Pastos: fuente natural de energía. Reunión ibérica de pastagens e forragens. Zamora. p. 323-329.
- [9] Zhao, Y., Wang, P., Li, J., Chen, Y., Ying, X. & Liu, S. 2009. The effect of two organic manures on soil properties and crop yields on a temperate calcareous soil under a wheat-maize cropping system. *European Journal of Agronomy*, 31: 36-42.
- [10] Thompson LM & Troeh F.R. 1988. *Soils and fertility*. McGraw-Hill, New York, USA pp.635
- [11] NRC 2000. *Nutrients requirements of dairy cattle*. Seventh Revised Edition, 1996.

# Melhoria da eficiência reprodutiva de ovinos das raças Churra Galega Bragançana e Churra da Terra Quente e de caprinos da Raça Serrana

T.M. Correia<sup>1</sup> & R. Valentim<sup>2</sup>

1-Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança

Campus de Sta Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 Bragança

2-Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança

Campus de Sta Apolónia, Apartado 1172, 5301-855 Bragança

tcorreia@ipb.pt

*Resumo* – Nos ecossistemas de montanha e numa perspetiva socioeconómica, a importância das raças autóctones de pequenos ruminantes no desenvolvimento regional é muito elevada, pois eles possibilitam o aproveitamento e a rentabilização de zonas marginais e a fixação das populações. Este trabalho sumariza os conhecimentos alcançados em vários estudos desenvolvidos por docentes do IPB-ESA, na área da reprodução de ovinos das raças Churra Galega Bragançana (CGB) e Churra da terra Quente (CTQ) e de caprinos da raça Serrana, com o intuito de melhorar a sua eficiência reprodutiva e, conseqüentemente, de aumentar a rentabilidade das explorações locais. Estas raças são sazonais, pelo que é crucial conhecer a sua resposta a diferentes tratamentos de controlo da atividade reprodutiva, com o objetivo de encurtar o período não produtivo, de aumentar as taxas de fertilidade e de prolificidade, de concentrar os partos nas épocas do ano em que as condições de mercado são mais favoráveis e de criar lotes mais uniformes de animais para venda. As ovelhas CGB e CTQ e as cabras Serranas foram sujeitas a tratamentos de sincronização da atividade ovárica com progestagénios, prostaglandinas F<sub>2</sub> (PGF<sub>2</sub>) e/ou "efeito macho" e a tratamentos de indução da atividade ovárica, com implantes de melatonina, progestágenos e/ou "efeito macho", associados a hormonas gonadotrópicas (eCG e hCG) promotoras da ovulação ou de superovulações. Foi ainda avaliada a eficácia da aplicação da técnica de inseminação artificial (IA). Os resultados obtidos mostram que a eficácia dos tratamentos com acetato de fluorgesterona (FGA) nem sempre é ampliada pela administração prévia de melatonina. O "efeito macho" afeta positivamente a atividade reprodutiva, particularmente quando associado a tratamentos progestagénicos. Comparativamente, a monta natural tende a produzir melhores resultados do que a IA. A aplicação desta técnica é mais eficaz em caprinos do que em ovinos.

*Palavras chave:* Ovinos, caprinos, controlo da actividade reprodutiva, melatonina, progestágenos, PGF<sub>2</sub>, "efeito macho".

## 1 Introdução

Nas atuais explorações de pequenos ruminantes, o controlo da atividade reprodutora é uma técnica de manejo fulcral, pois possibilita uma melhor planificação de todas as atividades de manejo - reprodutivo, nutricional, sanitário - e um aumento da sua rentabilidade, pois permite uma melhor gestão de custos, uma melhor adequação da produção às variações sazonais dos mercados e a criação de lotes de animais mais uniformes (mais valorizados).

Os pequenos ruminantes são animais poliéstrico sazonais. Nas regiões temperadas, a sua sazonalidade tende a aumentar com a latitude. Neste sentido, os pequenos ruminantes do Norte da Europa são geralmente mais sazonais do que os do Sul da Europa. No Norte da Europa, a atividade reprodutiva destes animais é fundamentalmente condicionada pelo fotoperíodo. Por seu turno, no Sul da Europa, esta atividade, ainda que fortemente influenciada pelo fotoperíodo, é também muito afetada pela alimentação. A sazonalidade é mais marcada nas fêmeas do que nos machos. Nestes últimos, a atividade sexual é permanente, ainda que, quantitativa e qualitativamente, a sua libido e a sua produção espermática variem ao longo do ano.

Os animais sazonais possuem uma estação reprodutiva e uma estação de anestro. A atividade reprodutiva é máxima na estação reprodutiva e mínima na estação de anestro. Os períodos de transição entre as estações reprodutiva e de anestro e vice-versa são, normalmente, marcados por uma atividade reprodutiva deficitária. Nestes períodos a incidência de ovulações silenciosas e de subestros é mais elevada do que na estação reprodutiva.

## 2 Controlo da Actividade Reprodutiva

O controlo da atividade reprodutiva é, normalmente, mais eficaz na estação reprodutiva (sincronização da atividade ovárica) do que na de anestro (indução da atividade ovárica). Não existe um protocolo único universalmente aceite de controlo da atividade reprodutiva. Na verdade, o protocolo a aplicar deve ser ajustado a cada situação em concreto. Nos pequenos ruminantes, o controlo da atividade reprodutiva assenta, essencialmente, na utilização de fármacos (progestagénios e/ou PGF<sub>2α</sub>) e na bioestimulação ("efeito macho" e "efeito fêmea"). O manejo alimentar também pode ser usado na ampliação da resposta.

### 2.1 Sincronização com Progestagénios ou com Prostaglandinas F<sub>2α</sub>

Os tratamentos com progestagénios ou com PGF<sub>2α</sub> são eficazes e asseguram um elevado nível de sincronização. A maioria das fêmeas ovulam 2-4 dias pós-tratamento. Por outro lado, resultam frequentemente em taxas de fertilidade, logo no primeiro ciclo ovárico pós-tratamento, superiores a 60-70%. Todavia, a repetição, num curto espaço de tempo, de tratamentos progestagénicos pode determinar uma redução da sua eficácia, pois resulta no desenvolvimento de anticorpos. Segundo vários autores, nos ovinos, a utilização de PGF<sub>2α</sub> na sincronização da atividade ovárica diminui a taxa de fertilidade aparente. THIMONIER (1992) (informação pessoal) desaconselha mesmo o uso deste tipo de tratamento, pois acredita que ele é incapaz de promover a completa destruição dos corpos lúteos, devido à rápida metabolização desta hormona a nível dos pulmões. No trabalho realizado por [1], o uso de PGF<sub>2α</sub> resultou, efetivamente, numa diminuição da percentagem de ovelhas Ile-de-France que manifestaram cio e que ficaram gestantes. Pelo contrário, esta hormona não afetou negativamente a resposta reprodutiva de ovelhas CTQ. A taxa de metabolização das hormonas é condicionada, entre outros fatores, pelo peso corporal dos animais. As ovelhas Ile-de-France eram significativamente mais pesadas do que as ovelhas CTQ (70,8 ± 9,0 kg vs. 48,2 ± 6,1 kg). Neste sentido, é possível que a resposta reprodutiva das ovelhas Ile-de-France tenha sido prejudicada por uma metabolização mais rápida da PGF<sub>2α</sub>, que a impediu de destruir completamente os corpos lúteos.

Os tratamentos combinados de progestagénicos e de PGF<sub>2α</sub> permitem reduzir a duração dos mesmos, para 5-7 dias, pelo que são denominados de "tratamentos curtos". É aconselhável proceder à administração de PGF<sub>2α</sub> no início do tratamento progestagénico, pois desta forma evitam-se os efeitos deletérios que esta hormona tem sobre o transporte e o armazenamento de espermatozóides e o mecanismo da ovulação. Em cabras da raça Serrana, a injeção de PGF<sub>2α</sub> no início do tratamento progestagénico resultou numa melhoria da percentagem de fêmeas que apresentaram cio (100% vs. 91%), que ovularam (100% vs. 95%), que ficaram gestantes (100% vs. 91%) e que pariram (100% vs. 73%) [2]. Os tratamentos curtos promovem, geralmente, boas respostas reprodutivas. No trabalho desenvolvido por [3] 84% das ovelhas CTQ apresentaram cio e 75% ficaram gestantes.

### 2.2 Sincronização com "Efeito Macho"

O "efeito macho" pode ser usado na sincronização da atividade reprodutiva, mas *per se* não garante uma sincronização muito perfeita da atividade ovárica. Nas fêmeas que se encontram na fase folicular, quando os machos são introduzidos no rebanho, os processos de crescimento folicular e de ovulação podem ser acelerados. Nas fêmeas que acabaram de ovular ou que estão em plena fase lútea, o "efeito macho" pode determinar um encurtamento da fase lútea (fase mais longa do ciclo éstrico). Por outro lado, a resposta à bioestimulação depende de fatores como a raça, a profundidade do anestro e a intensidade do estímulo, entre outros. Nas ovelhas CGB, a aplicação do "efeito macho", no final da estação reprodutiva, resulta numa reduzida percentagem de fêmeas que manifestam cio e que ovulam (até quatro dias pós-tratamento) - 35,7% e 42,9%, respectivamente [4]. Mais, 50% das ovelhas que ovularam apresentaram um primeiro ciclo ovárico de curta duração. Estes dados indiciam um mau funcionamento do ovário, compatível com o período de transição entre as estações reprodutiva e de anestro.

### 2.3 Indução com Progestagénios

Na estação de anestro, os tratamentos com progestagénios pré-sensibilizam o eixo hipotálamo-hipófise-gónadas e, conseqüentemente, melhoram a atividade ovárica, as manifestações de cio, o transporte e o armazenamento de espermatozóides no trato genital feminino e a função lútea. São vários os fatores que influenciam o sucesso destes tratamentos. A idade das fêmeas é um deles. Nas ovelhas CTQ, um tratamento progestagénico de 12 dias resultou em 95% de fêmeas em cio e 75% gestantes [1]. Em malatas da mesma raça, o mesmo tratamento

originou cerca de 62% de fêmeas em cio e de 58% gestantes [5]. A duração do tratamento progestagénico é outro. Nas cabras Serranas, um tratamento progestagénico de 5 dias ("tratamento curto") determinou, relativamente a um tratamento progestagénico de 12 dias ("tratamento longo"), uma melhoria da percentagem de fêmeas que manifestou cio (81% vs. 63%) e que ficou gestante (73% vs. 57%) [6]. Nestas fêmeas, a eficácia dos "tratamentos curtos" foi confirmada por [7]. O fármaco e a dose usados também podem afetar a resposta reprodutiva. Contudo, nas cabras Serranas, a dose de acetato de fluorgestrona (FGA) administrada (45 mg vs. 20 mg) não condicionou a percentagem de fêmeas que apresentou cio (80% vs. 71%) nem das que ficaram gestantes (55% vs. 54%) [8].

#### **2.4 Indução com "Efeito Macho"**

A resposta das fêmeas ao "efeito macho" depende da profundidade do anestro sazonal. Por seu turno, este depende do património genético da fêmea e das condições ambientais. O "efeito macho" mostrou-se mais eficaz na interrupção do anestro sazonal das ovelhas CGB do que das ovelhas Suffolk [9,10]. Por outro lado, ditou uma maior percentagem de fêmeas em cio (50% vs. 75%) e que ovularam (18% vs. 64%) [9,10].

Alguns autores referem existir um "efeito fêmea". A associação deste efeito ao "efeito macho" devia traduzir-se num incremento da resposta reprodutiva. Nas ovelhas CGB, o "efeito fêmea" parece existir, embora não se traduza num aumento significativo da sua resposta reprodutiva [11].

Quanto mais profundo for o anestro sazonal, menor é a frequência de aparecimento de cios (falta de recetores de estrogénios) e maior é a frequência de ciclos ováricos curtos (formação de corpos lúteos de curta duração), ambas associadas à escassez de progesterona em circulação. Normalmente, a primeira ovulação acompanhada de cio só ocorre 2-3 ciclos depois da introdução dos machos. A fim de obviar a este problema, pode-se realizar um pré-tratamento progestagénico antes da introdução do(s) macho(s). Nas ovelhas CGB, este procedimento é realmente eficaz [12,13]. Esta eficácia é superior após um "tratamento longo" (14 dias) [13]

#### **2.4 Tratamento com Melatonina**

No Norte da Europa, o anestro sazonal dos pequenos ruminantes pode ser interrompido através da colocação de implantes subcutâneos de melatonina. No Sul da Europa, a vantagem da aplicação deste tratamento é mais questionável. Por um lado, a sazonalidade dos animais locais é menos marcada. Por outro, o preço dos implantes é elevado. Neste sentido, alguns autores acreditam que a interrupção do anestro sazonal pode ser satisfatoriamente conseguida apenas com recurso a tratamentos progestagénicos. Nas cordeiras CTQ, a administração de melatonina exógena interrompe o anestro sazonal, mas a percentagem de fêmeas que apresentam cio (62%) e das que ficam gestantes (58%) são reduzidas [5]. O mesmo sucedeu com ovelhas da raça Suffolk [14] e com as cabras Serranas [7]. Segundo [15], nas ovelhas CGB, a colocação de implantes subcutâneos de melatonina origina um aumento da percentagem de fêmeas que manifestam cio (83% vs. 49%) e das que ficam gestantes (81% vs. 61%). Pelo contrário, [16] não encontraram qualquer vantagem na administração de melatonina exógena a ovelhas da raça CGB.

#### **2.5 Promoção da Ovulação**

Na estação reprodutiva, após o término do tratamento de controlo da atividade ovárica, ocorre, normalmente, a libertação de gonadotropinas endógenas em quantidades capazes de induzir as manifestações de cio e a ovulação. Porém, a administração de gonadotropinas exógenas suporta a atividade ovárica natural, contrariando possíveis efeitos negativos dos progestagénios e/ou da PGF<sub>2α</sub> sobre o eixo hipotálamo-hipófise-gónadas. Por seu turno, durante a estação de anestro, a administração de gonadotropinas exógenas é imprescindível. No nosso País, as gonadotropinas exógenas mais utilizadas são a eCG (Gonadotropina Coriónica equina) e a hCG (Gonadotropina Coriónica humana). Ambas possuem uma ação FSH + LH. Contudo, na eCG o efeito predominante é FSH. Pelo contrário, na hCG o efeito preponderante é LH. Daqui resulta que a eCG estimula fundamentalmente o crescimento folicular e a hCG a formação do(s) corpo(s) lúteo(s). Nas ovelhas CTQ, a resposta reprodutiva não varia em função da gonadotropina utilizada [17]. O mesmo ocorre nas cabras Serranas [18,19]. Nas ovelhas Ile-de-France, a eCG altera positivamente apenas a percentagem de fêmeas que apresentam cio [17].

A dose de hormona injetada pode estimular a ovulação ou promover superovulações. Todavia, o efeito superovulatório depende da taxa de ovulação natural das fêmeas de uma determinada raça. Este tende a ser

menor quando as fêmeas já apresentam naturalmente elevadas taxas de ovulação. Durante a estação reprodutiva, nas cabras da raça Serrana, o aumento da dose de eCG, de 300 UI para 500 UI, não eleva a taxa ovulatória [20,21]. O efeito superovulatório depende igualmente do estado fisiológico da fêmea (cíclica ou em anestro) . Nas ovelhas CGB, a subida da dose de eCG, de 500 UI para 750 UI, aumenta a percentagem de fêmeas que manifestam cio e a taxa de fertilidade aparente [22]. Na estação de anestro, este mesmo acréscimo da dose de eCG não produz qualquer efeito sobre a resposta reprodutiva [23].

### 3 Inseminação Artificial

A IA é a tecnologia reprodutiva mais antiga. Todavia, em Portugal, a sua expressão entre os pequenos ruminantes é muito reduzida. Os fatores que contribuem para esta realidade são vários: dificuldades na deposição do sémen no corpo do útero e na conservação do sémen (especialmente elevadas nos ovinos), menores taxas de fertilidade aparente (relativamente à monta natural), mão-de-obra especializada, custos, idade avançada e pouca abertura dos criadores à inovação, entre outras. Porém, só as vantagens que comporta a nível do melhoramento animal justificam a sua implementação. Adicionalmente, a sua implementação no terreno acaba por melhorar a sua eficácia e reduzir os seus custos.

No final da estação de anestro, a IA de ovelhas CGB com sémen fresco resultou numa taxa de fertilidade aparente de 55%, inferior à conseguida através de monta natural (78%) [15]. Na mesma altura, a IA de cabras Serranas, também com sémen fresco, redundou numa taxa de fertilidade aparente de 77%, semelhante à alcançada por monta natural (83%) [15].

#### Referências

- [1] Azevedo, J. M., Correia, T. M., Almeida, J.C., Valentim, R.C., Fontes, P.J., Coelho, A. & A.L. Mendonça. 2002. Sincronización de celos y diagnóstico precoz de gestación en ovejas Churras da Terra Quente e Ile de France. *In: XXVII Jornadas Científicas y VI Jornadas Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Valencia, Espanha, 973-977.*
- [2] Correia, T., Azevedo, J., Mendonça, A., Fontes, P., Galvão, L., Cardoso, M., Velasco, H., Maurício, R. & R. Valentim. 2010. Effects of PGF<sub>2α</sub> administration at the onset or the end of a short-term progestagen treatment in Serrana goats. *Reproduction in Domestic Animals, 45 (Supl 3): 83.*
- [3] Almeida, J.C., Simões, J., Valentim, R.C., Mascarenhas, R., Fontes, P. & J. Azevedo. 2005. Tratamentos de curta duração com progestagénios durante a época reprodutiva para sincronização éstrica em ovelhas da raça Churra da Terra Quente. *In: Livro de Comunicações do XV Congresso de Zootecnia, I Congresso Ibero-Americano de Zootecnia, Vila Real, Portugal, 215-218.*
- [4] Correia, T.M., Valentim, R., Azevedo, J., Teixeira, A. & A. Rodrigues. 1995. Acção do "efeito macho" sobre as ovelhas da raça Churra Galega Bragançana durante a fase final da época reprodutiva. *Revista Veterinária Técnica, 5: 14-18.*
- [5] Azevedo, J., Correia, T.M., Almeida, J.C., Valentim, R.C., Fontes, P., Galvão, L., Mendonça, A. & A. Coelho. 2003a. Inducción y sincronización de la actividad ovárica en corderas de la raza portuguesa "Churra da Terra Quente". *In: Producción Ovina y Caprina nº XXVIII, XXVIII Jornadas Científicas y VII Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Badajoz, Espanha, 149-151.*
- [6] Correia, T., Azevedo, J., Simões, J., Galvão, L., Fontes, P., Mendonça, A., Almeida, J., Velasco, H., Maurício, R., Cardoso, M. & R. Valentim. 2009. Aplicación de tratamientos con diferentes duraciones en el control de la actividad ovárica de cabras de raza Serrana. *In: 34 Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Barbastro, Espanha, 383-386.*
- [7] Valentim, R., Cortez, F., Azevedo, J., Pereira, F., Mendonça, A., Quintas, H., Maurício, R., Simões, J., Barbosa, L. & T. Correia. 2012. Advance of the breeding season and artificial insemination with frozen semen in Portuguese Serrana goats. *In: XXVII Congresso Mundial de Buiatria, Lisboa, Portugal.*
- [8] Valentim, R., Azevedo, J., Mendonça, A., Fontes, P., Velasco, H., Maurício, R., Cardoso, M. & T. Correia. 2010. Tratamientos cortos con diferentes dosis de FGA a finales de la estación de anestro de cabras de raza Serrana. *In: XXXV Congreso de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Valladolid, Espanha, 207-210.*
- [9] Azevedo, J., Correia, T.M., Valentim, R.C., Santos, A.M.S.N. & P.J.P. Fontes. 1997. Acção do "efeito macho" sobre a actividade reprodutiva de ovelhas Churras Bragançanas e Suffolk submetidas a um regime luminoso de 16L:8E. *In: Resumos do VII Congresso de Zootecnia, 61.*

- [10] Azevedo, J., Correia, T., Valentim, R., Almeida, J.C., Simões, J., Galvão, L., Velasco, H., Maurício, R. & P. Fontes. 2007. Male effect in Churra Galega Bragançana and Suffolk ewes under a long-day artificial photoperiod. *In: EAAP– 58<sup>th</sup> Annual Meeting*, Dublin, Irlanda, 125.
- [11] Correia, T.M., Valentim, R.C., Azevedo, J. e A. Teixeira. 1999. Acção do “efeito macho” e do “efeito fêmea” sobre ovelhas da raça Churra Galega Bragançana durante o período de anestro sazonal. *Revista de Ciências Agrárias*, **22** (1): 3-12.
- [12] Correia, T.M., Valentim, R.C., Teixeira, A., Azevedo, J., Mendonça, A. & J. Jorge. 1998. Acção de diferentes tratamentos com o “efeito macho” sobre o reinício da actividade ovárica sazonal de ovelhas Churras Bragançanas. *Revista Veterinária Técnica*, **3**: 12-16.
- [13] Correia, T., Azevedo, J., Mendonça, A., Fontes, P., Velasco, H., Maurício, R., Cardoso, M. & R. Valentim. 2010. Utilización de diferentes tratamientos con el efecto macho en la interrupción del anestro estacional en ovejas de la raza Churra Galega Bragançana. *In: XXV Congreso de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*, Valladolid, Espanha, 203-206.
- [14] Valentim, R.C., Azevedo, J., Correia, T.M., Almeida, J.C., Fontes, P., Galvão, L., Maurício, R. & A. Mendonça. 2004. Tratamiento de interrupción del anoestro estacional en ovejas Suffolk. *In: Producción Ovina y Caprina nº XXIX, XXIX Jornadas Científicas y VIII Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*, Lérida, Espanha, 170-172.
- [15] Valentim, R., Fernandes, M., Azevedo, J., Mendonça, A., Almeida, J., Velasco, H., Simões, J., Fontes, P., Maurício, R., Cardoso, M. & T. Correia. 2009. Anticipación de la estación reproductiva en ovejas de la raza Churra Galega Bragançana. Inseminación artificial. *In: 34 Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*, Barbastro, Espanha, 403-407.
- [16] Correia, T., Azevedo, J., Mendonça, A., Fontes, P., Velasco, H., Simões, J., Maurício, R., Cardoso, M., Barbosa, L. & R. Valentim. 2011. Interrupção do anestro sazonal em ovelhas da Raça Churra Galega Bragançana. *In: Actas do V Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências Veterinárias, INRB – EZN, Fonte Boa, Vale de Santarém, Portugal*, p. 160.
- [17] Azevedo, J.M., Correia, T.M., Almeida, J.C., Valentim, R.C., Fontes, P.J., Galvão, L., Mendonça, A.L. & M. Cardoso. 2005. Utilización alternativa de dos gonadotropinas coriónicas en la sincronización del celo en ovejas Churras da Terra Quente e Ile de France. *In: Producción Ovina y Caprina nº XXX, XXX Jornadas Científicas y IX Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*, Granada, Espanha, 420-422.
- [18] Azevedo, J.M., Correia, T.M., Almeida, J.C., Valentim, R.C., Fontes, P.J., Galvão, L., Mendonça, A. & A. Coelho. 2003b. Utilización de dos gonadotropinas en el control de la actividad ovárica inducida con implantes de melatonina en chivas de la raza Serrana. *In: Ponencias y Comunicaciones del IV Congreso Ibérico de Reproducción Animal*, Arucas (Las Palmas de Gran Canaria), Espanha, 70.
- [19] Simões, J., Azevedo, J. & R. Valentim. 2007. Aplicação de dois protocolos distintos na sincronização do estro e da ovulação em cabras da raça Serrana. [Evaluation of two hormonal protocols for synchronization of oestrus and ovulation in Serrana goats]. *In: Livro de Resumos do VI Simpósio da Sociedade Portuguesa de Reprodução Animal/IV Jornadas da AEMVUE*, Évora, Portugal, 72-73.
- [20] Correia, T., Azevedo, J., Valentim, R., Almeida, J., Galvão, L., Simões, J., Maurício, R., Fontes, P., Mendonça, A. & S. Medeiros. 2006. Administração de diferentes doses de eCG na sincronização de cios de cabras da raça Serrana no início da estação reprodutiva. *In: I Reunião Nacional de Caprinocultura*, Bragança, Portugal, 66-69.
- [21] Correia, T., Azevedo, J., Valentim, R., Simões, J., Galvão, L., Fontes, P., Mendonça, A., Velasco, H., Maurício, R., Cardoso, M. & S. Medeiros. 2007. Administración de diferentes dosis de eCG en la sincronización del celo en cabras de raza Serrana al principio de la estación reproductiva. *In: Producción Ovina y Caprina nº XXXII, XXXII Jornadas Científicas y XI Internacionales de Ovinotecnia y Caprinotecnia*, Maiorca, Espanha, 321-323.
- [22] Valentim, R., Azevedo, J., Mendonça, A., Fontes, P., Galvão, L., Cardoso, M., Velasco, H., Maurício, R. & T. Correia. 2010. Progestagen treatment associated with different doses of eCG to advance the breeding season in Churra Galega Bragançana ewes. *Reproduction in Domestic Animals*, **45** (Supl 3): 110.
- [23] Valentim, R., Azevedo, J., Mendonça, A., Fontes, P., Velasco, H., Simões, J., Maurício, R., Cardoso, M., Barbosa, L. & T. Correia. 2011. Utilização de um tratamento progestagénico longo e de diferentes doses de eCG no controlo da actividade reprodutiva em ovelhas da raça Churra Galega Bragançana. *In: Actas do V Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências Veterinárias, INRB – EZN, Fonte Boa, Vale de Santarém, Portugal*, p. 161.

## CONBI: Biodiversidade e conservação de bivalves – informação ecogeográfica, genética e fisiológica

Amílcar Teixeira<sup>1</sup>, Simone Varandas<sup>2</sup>, Ronaldo Sousa<sup>3,4</sup>, Elsa Froufe<sup>3</sup>, Manuel Lopes-Lima<sup>3,5,6</sup>

1–CIMO-ESA/IPB, Campus Santa Apolónia – Apartado 1172, 5301-855 Bragança

2–CITAB-UTAD, Quinta de Prados, Apartado 1013, 5001-801 Vila Real

3–CIIMAR-UP, Rua dos Bragas 289, 4050-123 Porto

4–CBMA – Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga

5–ICBAS-UP, Rua Jorge Viterbo Ferreira, 4440-452 Porto

6–IPM, Zoomarine, EN 125, Km 65 Guia, 8201-864 Albufeira

amilt@ipb.pt

*Resumo* – Um dos grupos faunísticos mais ameaçados a nível mundial e em declínio global são os Unionidae (Mollusca), a maior de seis famílias de mexilhões de água-doce. Para muitas espécies (independentemente do seu estatuto de conservação) no mundo inteiro, incluindo a Península Ibérica, são escassos, e em muitos casos inexistentes, os dados mais básicos sobre o seu ciclo de vida, dimensão e estrutura populacional, bem como a sua estrutura genética populacional. O presente projeto pretende preencher a lacuna de conhecimento sobre o estatuto da família Unionidae na Península Ibérica num contexto mais amplo da conservação da biodiversidade, sendo os principais objetivos: 1) compreender tanto a dinâmica atual das populações como a biogeografia histórica destes bivalves; 2) clarificar a sua diversidade taxonómica e afinidades filogenéticas; 3) compreender os mecanismos fundamentais da evolução do mtDNA dessas espécies; 4) descrever as suas principais características biológicas como a distribuição, estrutura populacional, época de reprodução, período larvar e peixes hospedeiros; 5) elucidar, do ponto de vista ecológico, os padrões de distribuição e os principais fatores bióticos e abióticos responsáveis pela sua distribuição. Sob uma perspetiva de gestão e conservação, pretende-se que os resultados obtidos possam ser usados para o desenvolvimento de estratégias futuras de conservação através da identificação de Unidades Evolutivas Significativas (ESUs) e de Unidades de Gestão (MUs). No presente trabalho são realçados aspetos da bioecologia de unionídeos no Nordeste Transmontano. É apresentada uma caracterização ecológica de populações das bacias do Sabor, Tua e Tâmega, assim como os ciclos de reprodução e peixes hospedeiros das espécies *Anodonta anatina*, *Potomida littoralis* e *Unio delphinus*.

*Palavras-chave:* bivalves, bio-ecologia, reprodução, peixes hospedeiros, conservação

### 1 Introdução

Outrora abundantes nos ecossistemas aquáticos epicontinentais, os bivalves de água doce são, na atualidade, um dos grupos faunísticos mais ameaçados e em risco de extinção [1,2,3,4]. Segundo [5], os mexilhões de água-doce (Mollusca, Bivalvia, Unionoida) sofreram uma diminuição superior a 90% nas populações da Europa. Entre os principais fatores de ameaça que levaram à regressão e/ou ao desaparecimento de muitas populações de náíades registam-se: *i*) a diminuição da qualidade química e microbiológica da água por fenómenos de eutrofização e poluição das massas hídricas (*e.g.* efluentes domésticos e industriais, agricultura, pecuária), *ii*) a degradação e fragmentação de habitats aquáticos e ribeirinhos (*e.g.* extração de inertes, erosão das margens, cortes exagerados das galerias ripícolas) *iii*) a regularização dos cursos de água (*e.g.* represamentos e construção de barragens) que afeta o fluxo de água e os habitats disponíveis (*e.g.* deposição de quantidades elevadas de sedimentos finos), *iv*) desaparecimento dos peixes hospedeiros e *v*) introdução de espécies exóticas (*e.g.* algumas espécies assumem caráter invasor), que alteram profundamente a composição faunística do *biota* presente nos sistemas aquáticos [6,7].

No Nordeste Transmontano, nomeadamente nas bacias hidrográficas dos rios Sabor, Tua e Tâmega, principais afluentes da margem direita do rio Douro em território português, está referenciado um bom estado de integridade ecológica que permitiu, nomeadamente em áreas protegidas (*e.g.* Parque Natural de Montesinho) mas também em muitos troços dos setores intermédios e terminais destes rios de média-grande dimensão, a presença de diversas espécies autóctones com elevado valor em termos de conservação. Nesta área ocorrem populações de náíades com grande sucesso reprodutor, distribuídas por duas famílias: 1) Margaritiferidae, da qual faz parte apenas a espécie *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus 1785), espécie muito ameaçada a nível

nacional e mundial, estando incluída nos Anexos II e V da Diretiva Habitats, no Anexo III da Convenção de Berna e classificada como "Em Perigo" pelo Livro Vermelho da (IUCN 2008) e 2) Unionidae, composta pelas espécies *Potomida littoralis* (Cuvier 1798), *Anodonta anatina* (Linnaeus 1785) e *Unio delphinus* (Spengler 1793). No entanto, o Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroelétrico (PNBEPH) que contempla três grandes aproveitamentos hidroelétricos em fase de construção (*i.e.* Baixo Sabor- AHBS, Foz Tua- AHFT e Cascatas do Tâmega), e ainda múltiplas mini-hídricas distribuídas pelas diferentes bacias hidrográficas, ameaçam seriamente, num futuro muito próximo, a sobrevivência de muitas destas populações de náíades. A degradação dos cursos de água e perda de biodiversidade, comum a muitos países europeus, estão na base da criação da Diretiva Quadro da Água (DQA) (2000/60/CE), cujos objetivos compreendem, entre outros, a preservação e recuperação dos ecossistemas aquáticos. Plantas, peixes e invertebrados, fazem parte dos elementos biológicos que, conjuntamente com os elementos hidromorfológicos e físico-químicos da água assumem um papel relevante na avaliação do estado ecológico. Entre os invertebrados, os bivalves de água doce são vistos como espécies-sentinelas dos ecossistemas, desempenhando um papel fundamental na manutenção da integridade ecológica. De facto, ao diminuírem a quantidade de clorofila *a* e de matéria sólida suspensa, contribuem de forma natural para a depuração dos ecossistemas aquáticos [8]. Segundo [7], a náíade *M. margaritifera* pode filtrar, por dia, cerca de 50 litros de água e consegue sobreviver em locais com mais de 700 indivíduos/m<sup>2</sup>. As espécies da ordem *Unionoida* são, por isso, muito utilizadas na monitorização da qualidade da água por serem excelentes bioindicadores, pela função de filtração desempenhada no ecossistema, e também pela longevidade e modo de vida sedentária e complexo do seu ciclo de vida. Refira-se que as náíades são parasitas obrigatórios, uma vez que os gloquídeos (*i.e.* larvas) necessitam desenvolver-se em espécies piscícolas que funcionam como hospedeiros durante a fase inicial do ciclo de vida. É uma notável estratégia de dispersão, uma vez que aproveita a mobilidade e capacidade de colonização da fauna piscícola, especialmente em troços situados a montante da ocorrência dos progenitores. No caso da espécie *Margaritifera margaritifera* somente a família Salmonidae (*i.e.* truta e salmão) funciona como hospedeiro. No que respeita aos unionídeos da região transmontana, *Potomida littoralis*, *Anodonta anatina* e *Unio delphinus* são pouco conhecidos aspetos básicos da sua bio-ecologia. Nesta perspetiva, o presente trabalho teve como objetivos: 1) avaliar e analisar as condições ecológicas dos rios Tâmega, Tua e Sabor, baseadas nas características físicas e químicas de água e dos sedimentos; 2) caracterizar o habitat aquático e ribeirinho com recurso ao RHS- River Habitat Survey; 3) determinar a preferência das náíades *U. delphinus*, *A. anatina* e *P. littoralis* pelos microhabitats disponíveis; 4) identificar os peixes hospedeiros dos unionídeos com base em testes laboratoriais.

## 2 Material e métodos

O estudo foi realizado no verão de 2010, 2011, 2012 tendo-se selecionado diversos troços distribuídos pelos setores médio e final dos rios Tua, Sabor e Tâmega (Bacia do Rio Douro), situados no Nordeste Transmontano.

### 2.1 Caracterização ecológica

Para a caracterização ecológica dos rios, procedeu-se à avaliação da qualidade ambiental dos troços selecionados através da realização de análises das seguintes componentes: 1) Qualidade da água: foram recolhidas amostras para realização de análises físico-químicas (*e.g.* fósforo total, ortofosfatos, nitratos, amónia, oxidabilidade) em laboratório. No campo, foram medidos, através de métodos potenciométricos, os parâmetros da temperatura, pH, oxigénio dissolvido (OD), condutividade elétrica e sólidos suspensos totais (SST). Todos os processos de colheita e determinação foram realizados de acordo com [10]. Em função das características determinadas a água foi classificada segundo a sua qualidade para usos múltiplos, utilizando a classificação adotada por [11]; 2) Sedimentos: as amostras foram recolhidas e determinadas as frações correspondentes aos materiais orgânicos particulados (POM) e aos materiais inorgânicos particulados (PIM), de acordo com a metodologia ESS 340.2 [12]; 3) Biota: a amostragem das comunidades de diatomáceas, macrófitos e macroinvertebrados e de peixes foi realizada com base nos protocolos estabelecidos em Portugal pelo Instituto da Água no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água (DQA) [11]. Os macroinvertebrados foram identificados até ao nível taxonómico de família, com recurso a chaves dicotómicas apropriadas, como por exemplo [13]. Procedeu-se ao cálculo do índice IBMWP [14] e do Índice Português de Invertebrados do Norte IPT<sub>N</sub> [11]. Este índice IPT<sub>N</sub> integra diferentes métricas como sejam: o nº de *taxa*; nº famílias pertencentes aos Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT); Equitabilidade; Índice de diversidade de Shannon-Weaner (*H'*) e IASPT (razão entre a pontuação do IBMWP e o nº de famílias). Para captura da fauna piscícola foi utilizado um aparelho de

pesca elétrica portátil com *output* de corrente contínua e por impulsos (Hans Grassl ELT; 300-600V), adaptando o tipo de corrente elétrica aos valores de condutividade da água.

A avaliação dos habitats aquáticos e ribeirinhos foi realizada com base no RHS- River Habitat Survey [15]. Esta técnica recorre a dados físicos e de habitat, qualitativos e quantitativos, do sistema aquático e da zona ribeirinha envolvente. Por cada rio foi selecionado um troço de 500 m, de modo a abranger a análise numa faixa de 50m de cada lado do rio. Estas observações foram realizadas em duas escalas distintas: a) em transetos dispostos em intervalos de 50 m e através do b) varrimento contínuo de todo o troço. Da aplicação do RHS derivam o índice de Qualidade de Habitat (HQA) e o índice de Modificação do Habitat (HMS). O HQA, composto pela agregação de 10 sub-índices, é uma medida de riqueza, raridade e diversidade dos habitats fluviais e o HMS quantifica o grau de artificialização do canal. Estes índices foram calculados a partir do *software* RAPID 2.1 [16]. No que respeita à avaliação do microhabitat disponível, recorreu-se a transetos nos troços de 500 m, usados para determinação do RHS. Em cada transeto, a amostragem reportou-se a uma área de 0,25 m<sup>2</sup> (quadrado de 50x50 cm) com um espaçamento de 1 metro e medidas as variáveis profundidade total, velocidades da corrente, substrato dominante e cobertura. O microhabitat usado pelas diferentes espécies de unionídeos foi determinado através de transetos, mediante o uso de um *Aquascope*, medindo para cada área de 0,25 m<sup>2</sup> o número de bivalves emergentes e as variáveis anteriormente referenciadas para o microhabitat disponível. No sentido de ampliar a informação do microhabitat usado pelos bivalves procedeu-se ainda a uma prospeção seletiva ao longo do troço, com base na observação sub-aquática (*snorkeling*). Sempre que encontrados locais com pelo menos 5 indivíduos visíveis numa quadrícula de 50x50 cm foram feitas amostragens adicionais nas quadrículas contíguas, continuando sempre que aparecesse pelo menos mais do que um indivíduo em cada área amostrada, tendo sido igualmente anotadas as variáveis do microhabitat definidas.

Recorreu-se ao programa STATISTICA 7 [17] para a obtenção das curvas de preferência, baseadas em regressões polinomiais, para as variáveis definidas do microhabitat, diferenciadas por cada espécie de unionídeo. A preferência demonstrada pela espécie foi determinada em função do microhabitat disponível através do cálculo, para cada variável, da razão entre o microhabitat usado e disponível, seguido de uma standardização de modo a obter uma escala de variação entre 0 (sem preferência) e 1 (máxima preferência). Foram ainda realizados testes não paramétricos (U de Mann-Whitney; H de Kruskal-Wallis) para deteção de diferenças significativas ao nível das características físico-químicas da água e uso do microhabitat pelas náíades.

## 2.2. Identificação dos peixes hospedeiros dos Unionidae

As experiências para identificação dos peixes hospedeiros das 3 náíades foram conduzidas num sistema de aquários (Aquaneering Systems ®), composto por 40 tanques de 16L com recirculação de água, sistema de controlo da temperatura (manutenção ao longo da experiência numa temperatura constante de 20°C) e filtros físico, de carvão ativado e de U.V. (ultra-violeta), para manutenção numa boa qualidade da água. Previamente, foram capturados e devidamente transportados para laboratório (*i.e.* em tanques com oxigénio) diversos exemplares de unionídeos (*Potomida littoralis*, *Unio delphinus* e *Anodonta anatina*) e da fauna piscícola presente na bacia hidrográfica do rio Douro. Foram testadas 15 espécies piscícolas das quais 7 são autóctones, caso da truta de rio (*Salmo trutta*), bordalo (*Squalius alburnoides*), escalão do norte (*Squalius caroliterti*), barbo do norte (*Luciobarbus bocagei*) boga do Douro (*Pseudochondrostoma duriense*), ruivaco (*Achondrostoma oligopelis*) e enguia (*Anguilla anguilla*) e 8 são introduzidas, caso da perca-sol (*Lepomis gibbosus*), achigã (*Micropterus salmoides*), lúcio (*Esox lucius*), góbio (*Gobio lozanoi*), carpa (*Cyprinus carpio*), truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), gambúsia (*Gambusia holbrooki*) e verdemã do sul (*Cobitis paludica*). O procedimento laboratorial compreendeu uma fase inicial de infestação, realizada independentemente para cada uma das três espécies de náíades. Assim, os peixes foram colocados durante 30 minutos num pequeno aquário dispondo de oxigénio assistido, juntamente com uma densidade elevada de gloquídeos viáveis extraídos das brânquias dos mexilhões. Posteriormente, os exemplares de cada espécie piscícola foram separados e colocados em diferentes tanques do *Sistema Aquaneering*. A monitorização foi realizada com periodicidade diária, tendo sido sifonados todos os tanques com um crivo de malha de 180 µm, e identificados e contados os juvenis viáveis dos bivalves com um microscópio estereoscópico *Olympus SZX10*, com ampliação de 10-132x. Para além a identificação das espécies piscícolas que efetivamente funcionaram como hospedeiros de cada espécie de náíade, foram ainda determinados o tempo de metamorfose e número total de juvenis produzidos.

### 3 Resultados

Os resultados obtidos mostraram uma boa qualidade da água dos rios Sabor e Tua, tendo sido registados valores médios relativamente baixos de sais dissolvidos (condutividade elétrica < 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e de nutrientes, caso dos compostos azotados ( $\text{N-NO}_3^- < 0,05 \text{ mg/L}$ ) e fosfatados ( $\text{P-Total} < 0,06 \text{ mg/L}$ ) e concentrações não limitantes de oxigénio ( $\text{O.D.} > 7,8 \text{ mg O}_2/\text{L}$ ). Ao nível dos sedimentos foram encontrados valores médios relativamente baixos para as frações POM (< 5  $\text{mg/L}$ ) e PIM (<1,5  $\text{mg/L}$ ). No caso do rio Tâmega foi detetada uma diminuição da qualidade da água (classificação razoável) expressa nas diferenças significativas ( $P < 0,05$ , teste H, Kruskal-Wallis) encontradas para vários parâmetros físico-químicos amostrados (condutividade, SST, nitratos, fósforo total e ortofosfatos) e inclusive ao nível dos sedimentos (fração POM) (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da água superficial e sedimentos (frações POM e PIM) dos troços amostrados nos rios Sabor, Tua e Tâmega- verão de 2010, 2011 e 2012 (valores médios  $\pm$  desvio padrão).

	O.D. ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ )	pH	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Oxidabilidade ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )	SST ( $\text{mg/L}$ )
<b>Sabor</b>	8,0 $\pm$ 1,5	7,3 $\pm$ 0,3	99,4 $\pm$ 20,3	2,0 $\pm$ 0,2	23,0 $\pm$ 4,3	5,0 $\pm$ 1,1
<b>Tua</b>	7,9 $\pm$ 2,3	7,5 $\pm$ 0,8	96,3 $\pm$ 25,6	3,1 $\pm$ 0,5	22,2 $\pm$ 2,3	5,2 $\pm$ 3,2
<b>Tâmega</b>	7,1 $\pm$ 2,3	7,2 $\pm$ 0,5	133,8 $\pm$ 12,4	4,6 $\pm$ 0,3	23,5 $\pm$ 4,3	12,0 $\pm$ 5,3
	Nitratos ( $\text{mg NO}_3^-/\text{L}$ )	Amónia ( $\text{mgNH}_4^+/\text{L}$ )	P-Total ( $\text{mgP}/\text{L}$ )	Ortofosfatos ( $\text{mgPO}_4^{3-}/\text{L}$ )	POM ( $\text{mg/L}$ )	PIM ( $\text{mg/L}$ )
<b>Sabor</b>	0,05 $\pm$ 0,04	0,02 $\pm$ 0,01	0,01 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,01	1,4 $\pm$ 0,2	2,9 $\pm$ 1,1
<b>Tua</b>	0,01 $\pm$ 0,02	0,18 $\pm$ 0,01	0,06 $\pm$ 0,01	0,02 $\pm$ 0,01	1,5 $\pm$ 0,3	3,5 $\pm$ 1,3
<b>Tâmega</b>	0,35 $\pm$ 0,12	0,02 $\pm$ 0,01	0,12 $\pm$ 0,05	0,25 $\pm$ 0,01	4,5 $\pm$ 1,1	3,9 $\pm$ 3,2

Para além da caracterização físico-química da água, foi realizada uma abordagem complementar, de acordo com a Diretiva Quadro da Água, baseada nos elementos hidromorfológicos (RHS) e biológicos (Diatomáceas (IPS), Macrófitas (MTR), Invertebrados (IPT<sub>N</sub>) e peixes (F-IBIP) que permitiu integrar toda as classificações efetuadas, realçando-se a boa qualidade ecológica obtida para os rios Sabor, Tua e apenas razoável para o rio Tâmega (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação ecológica baseada em elementos físico-químicos, hidromorfológicos e biológicos dos troços amostrados nos rios Sabor Tua e Tâmega (verão de 2010, 2011 e 2012).

Índices	Rio Sabor	Rio Tua	Rio Tâmega
Físico-química da água	II- Boa	II- Boa	III- Razoável
RHS (HQA e HMS)	I- Excelente	II- Boa	III- Razoável
Diatomáceas (IPS)	II- Boa	I- Excelente	II- Boa
Macrófitas (MTR)	II- Boa	II- Boa	II- Boa
Invertebrados (IPT <sub>N</sub> )	II- Boa	I- Excelente	II- Boa
Peixes (F-IBIP)	III- Razoável	III- Razoável	III- Razoável
Qualidade Ecológica Final	II- Boa	II- Boa	III- Razoável

Da aplicação do River Habitat Survey [15] foi possível qualificar respetivamente de excelente, boa e razoável a qualidade dos habitats aquáticos e ribeirinhos dos rios Sabor, Tua e Tâmega. Foram detetadas elevadas densidade de unionídeos no rio Sabor, nomeadamente em braços laterais com fluxo permanente de água. Os transetos (*spot-checks*) complementados pelo varrimento (*sweep-up*) dos troços amostrados, permitiram realçar as associações estabelecidas entre os unionídeos e as seguintes variáveis do RHS: 1) *Características do canal*: maior densidade em *pools* e *runs* localizados, muitas vezes, em braços laterais dos rios, embora tenham sido detetados muitos exemplares, especialmente de *Potomida littoralis*, em zonas de corrente- *riffles*; 2) *Substrato do canal*: *U. delphinus* e *A. anatina* estão presentes nos interstícios mais finos (complexo areia-silte-matéria orgânica fina) situados nas margens, enquanto *P. littoralis* possui densidades superiores em zonas dos interstícios de blocos e pedras do leito do rio; 3) *Perfil das margens e galeria ripícola*: ocupação preferencial de margens escavadas, maioritariamente *U. delphinus* e *A. anatina*, muitas vezes entre as raízes em zonas do rio permanentemente inundadas. Numa escala mais detalhada, *i.e.* ao nível do microhabitat, as curvas de preferência (Fig. 1), construídas para as náíades *U. delphinus*, *A. anatina* e *P. littoralis*, mostraram um comportamento semelhante das duas primeiras espécies relativamente às variáveis da velocidade da corrente ( $< 0,10 \text{ m.s}^{-1}$ ), do substrato dominante (preferência por sedimentos finos) e da cobertura (raízes e margens escavadas, fortemente ensombradas). Contudo, são perceptíveis diferenças no uso do microhabitat de *U. delphinus* e *A. anatina* relativamente a *P. littoralis* que prefere habitar os interstícios de substratos mais grosseiros como blocos e pedras, que constituem também a cobertura mais usada. Refira-se ainda que não foram detetadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ , Teste U, Mann-Whitney) no uso do microhabitat entre populações da mesma espécie pertencente a rios diferentes.

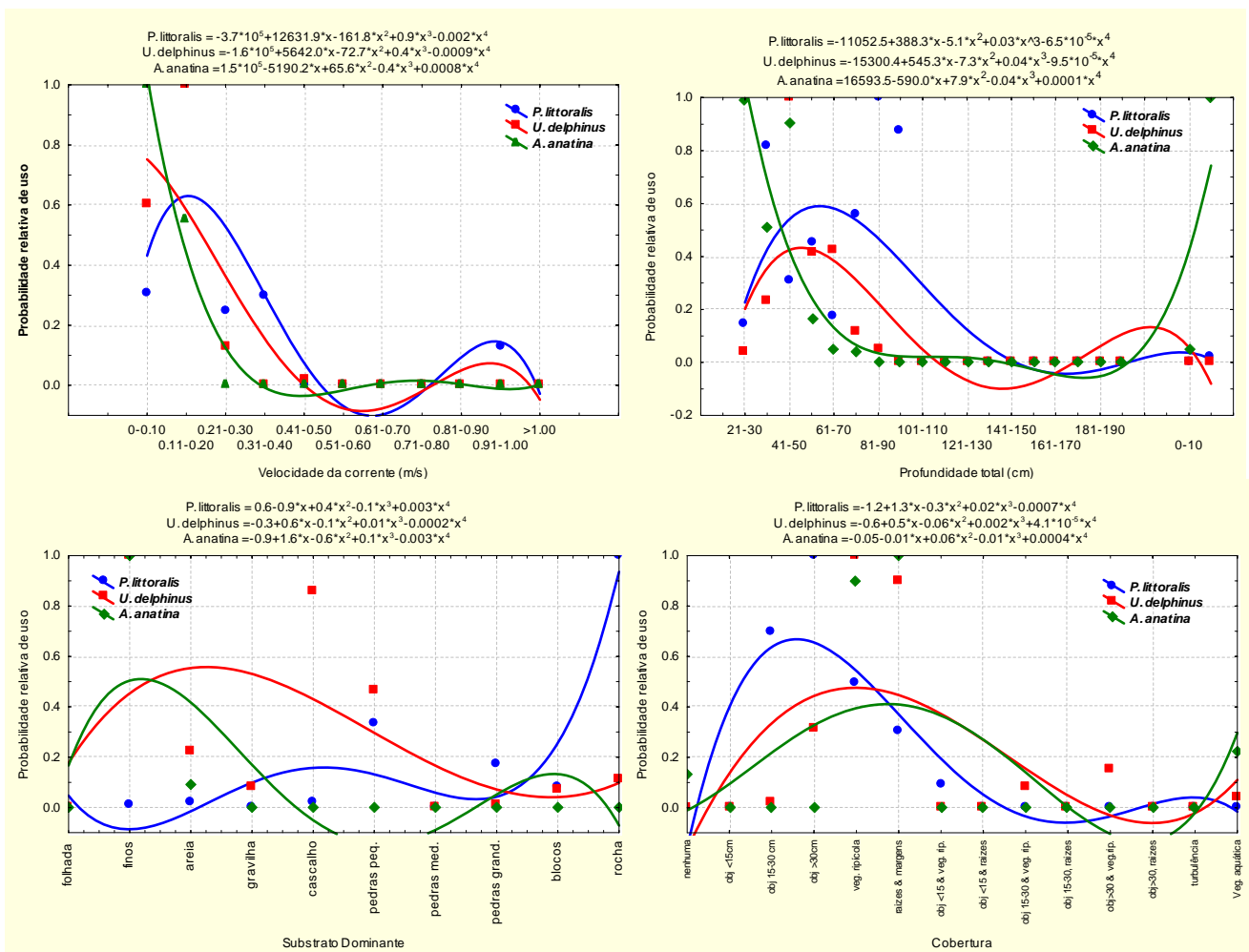


Figura 1. Curvas de preferência, construídas com base em regressões polinomiais, para as populações de *Anodonta anatina* ( $n=51$ ) *Potomida littoralis* ( $n=77$ ) e *Unio delphinus* ( $n=126$ ) presentes nos rios Sabor, Tua e Tâmega, relativamente às seguintes variáveis do microhabitat: velocidade da corrente, profundidade total, substrato dominante e cobertura (verão de 2010, 2011).

No que respeita à identificação dos peixes hospedeiros dos unionídeos, os estudos laboratoriais efetuados permitiram verificar uma grande discrepância na capacidade das espécies piscícolas funcionarem como hospedeiros na fase larvar destas náíades, nomeadamente entre a íctiofauna autóctone e a introduzida. De facto, realça-se que os peixes introduzidos só muito residualmente funcionaram como espécies hospedeiras das náíades, caso da truta arco-íris (12,5 juvenis/peixe) para *Anodonta anatina* e o góbio (0,1 juv./peixe) e a gambúsia (0,3 juv./peixe) para *Unio delphinus*. Mais especificamente, o enquistamento dos gloquídeos e subsequente sucesso na transformação para juvenis permitiu obter 258 exemplares de *Potomida littoralis* distribuídos unicamente espécies autóctones. O tempo de metamorfose e início da transformação em juvenis durou aproximadamente 15 dias e o escalo revelou ser a espécie com maior sucesso como hospedeiro (18,5 juv./peixe). No entanto, outras espécies como o barbo, boga, ruivaco, bordalo e truta também funcionaram como hospedeiros. No que se refere à náíade *Unio delphinus* foram obtidos 2618 juvenis, concentrados maioritariamente nos ciprinídeos, como por exemplo no barbo (188,3 juv./peixe), e no bordalo (50,5 juv./peixe), com formação de juvenis a partir do 12º dia. Para a náíade *Anodonta anatina* formaram-se 693 juvenis viáveis mais homoganeamente distribuídos não só pelos ciprinídeos, caso do bordalo (12,8 juv./peixe), escalo (16,4 juv./peixe), boga (10,3 juv./peixe), ruivaco (7,9 juv./peixe) como também pelos salmonídeos, como a truta de rio (16,5 juv./peixe) (Tabela 3).

Tabela 3. Determinação (nº médio de juvenis de náíades por peixe e espécie) dos peixes hospedeiros de *Anodonta anatina*, *Potomida littoralis* e *Unio delphinus* na bacia do Douro.

Espécies Piscícolas	<i>Anodonta anatina</i>		<i>Potomida littoralis</i>		<i>Unio delphinus</i>	
	Nº peixes (N)	Nº médio juvenis/peixe	Nº peixes (N)	Nº médio juvenis/peixe	Nº peixes (N)	Nº médio juvenis/peixe
<b>Nativas</b>						
<i>Salmo trutta fario</i>	6	16,5	10	0,5	14	3,4
<i>Achondrostoma oligolepis</i>	9	7,9	14	2,0	14	1,4
<i>Luciobarbus bocagei</i>	8	4,0	14	1,0	7	188,3
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	9	10,3	6	4,0	10	5,8
<i>Squalius carolitertii</i>	7	16,4	10	18,5	11	18,9
<i>Squalius alburnoides</i>	16	12,8	20	1,3	19	50,5
<i>Anguilla anguilla</i> <sup>1</sup>	*	*	6	0,0	6	0
<i>Cobitis paludica</i> <sup>2</sup>	6	0,5	*	*	6	0
<b>Introduzidas</b>						
<i>Cyprinus carpio</i>	4	0	*	*	*	*
<i>Gobio lozanoi</i>	16	0	15	0	34	0,1
<i>Gambusia holbrooki</i>	*	*	35	0	14	0,3
<i>Lepomis gibbosus</i>	18	0	6	0	16	0
<i>Micropterus salmoides</i>	6	0	6	0	6	0
<i>Esox lucius</i>	*	*	6	0	6	0
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	6	12,5	*	*	*	*

<sup>1</sup> Espécie migradora catádrôma de presença residual nas bacias de estudo; <sup>2</sup> Espécie nativa do sul de Portugal

\* Espécie não testada para a náíade em causa

#### 4 Discussão e considerações finais

O presente estudo confirmou a existência de populações viáveis de unionídeos em diversos troços dos rios Tâmega, Tua e Sabor. Apesar da perturbação derivada de impactos negativos associados à pressão antrópica (e.g. poluição e eutrofização), a qualidade detetada na água e habitats ribeirinhos e aquáticos tem permitido a sobrevivência de muitas populações de náíades no nordeste de Portugal. Importa salientar a escassez de estudos relativos à bio-ecologia das náíades presentes nestes rios [18] que, num futuro próximo, serão profundamente alterados em virtude da construção de grandes barragens (e.g. Aproveitamentos hidroelétricos do Baixo Sabor, Foz Tua e cascatas do Tâmega, PNBEPH [19]). O declínio das populações de bivalves de água doce devido à

regularização está bem documentado, especialmente no continente americano [1,3,20]. Com efeito, estes moluscos tendem a desaparecer em ambientes regularizados, onde ocorrem alterações bruscas na qualidade da água (e.g. regime térmico, teor de oxigénio dissolvido, pH) e fenómenos de eutrofização e sedimentação que não favorecem a sua sobrevivência. Também a instabilidade das margens, marcadas por flutuações irregulares do nível de água, inviabilizam a colonização das zonas marginais. Por outro lado, nos recém-criados ambientes lânticos dá-se, por norma, a substituição da fauna piscícola autóctone por espécies alienígenas de carácter invasor com grande plasticidade ecológica. O estudo destas ameaças foi contemplado no presente projeto, através da identificação dos habitats e microhabitats preferenciais e das espécies piscícolas hospedeiras das populações de *Anodonta anatina*, *Unio delphinus* e *Potomida littoralis* presentes na bacia hidrográfica do rio Douro. Assim, no processo de dispersão e colonização de habitats, foi detetado que os unionídeos têm tendência a aglomerar-se em zonas específicas dos rios, especialmente nas margens e em zonas de meandros que usufruam de um fluxo de água contínuo ao longo do ano e no qual esteja patente uma elevada estabilidade do mosaico de microhabitats aquáticos e ribeirinhos. A importância da existência de galerias ripícolas bem desenvolvidas ficou também patente uma vez que os amieiros e salgueiros (principais espécies detectadas), estão suportados por raízes submersas, fortes e salientes, que retêm grandes quantidades de sedimentos finos (i.e. complexo de materiais particulados e dissolvidos de origem inorgânica e orgânica) e fornecem habitats únicos onde podem ser encontradas colónias abundantes de náíades. Para além disso, as zonas ensombradas das margens dos cursos de água servem também de refúgio e fonte de alimento para a íctiofauna, sendo os locais privilegiados para o fenómeno da infestação dos gloquídeos (larvas) das náíades, sabido que é serem os peixes hospedeiros obrigatórios durante uma fase do seu ciclo de vida. Neste particular aspeto, ficou demonstrado que as espécies autóctones, nomeadamente a truta e os ciprinídeos endémicos (barbo, boga, escalo, bordalo e ruivaco), são as principais espécies hospedeiras dos unionídeos. Foram ainda registados, embora em número muito residual, casos de sucesso com a formação de juvenis de *Unio delphinus* para as espécies exóticas góbio e gambúsia e de *Anodonta anatina* para a truta arco-íris. Refira-se que o aumento na densidade de espécies exóticas nos sectores terminais dos rios Sabor, Tua e Tâmega está reportado em vários estudos [21], sendo este um dos principais fatores que contribuem para a regressão das náíades em ambientes aquáticos selvagens.

O declínio que se prevê no futuro para as populações de unionídeos, nomeadamente das espécies *Unio delphinus*, *Potomida littoralis* e *Anodonta anatina*, fruto do conflito com grandes obras de engenharia associadas à exploração da água (e.g. canalização, dragagem, regularização, hidroeletricidade, represamento das águas), justifica a implementação dum Plano de Ação que vise a conservação destas espécies nos ecossistemas da região transmontana. Existe uma concordância geral de que métodos orientados para a conservação de habitats e ecossistemas são de longe mais eficientes e menos onerosos na manutenção da biodiversidade do que métodos específicos de conservação de espécies-alvo. A necessidade de promover planos de ação para a recuperação das espécies ameaçadas é reconhecida, por exemplo, nas decisões da Convenção das Nações Unidas para a Biodiversidade (1992), a Convenção de Berna (1979 e subsequentes recomendações), a Diretiva Habitats (Directiva 92/43 EEC) e a Estratégia Pan-Europeia da Diversidade Biológica e Paisagística (1995). Ainda que as espécies *Unio crassus*, *Margaritifera margaritifera*, *Margaritifera auricularia* e *Pseudanodonta complanata* sejam consideradas as náíades mais ameaçadas da Europa, o desconhecimento do status e ameaças a que estão sujeitas outras náíades, caso de *Unio delphinus*, *Potomida littoralis* e *Anodonta anatina* justifica esforços que vão de encontro à defesa do património natural e dos serviços ecossistémicos que estes habitats e espécies autóctones prestam à escala regional, nacional e internacional.

#### Referências

- [1] Bogan A.E. 1993. *Freshwater bivalve extinctions (Mollusca: Unionida): a search for causes*. American Zoologist 33: 599-609.
- [2] Williams, J.D., M.D. Warren, K.S. Cummings, J.L. Harris, R.J. Neves 1993. Conservation status of freshwater mussels of the United States and Canada. *Fisheries*, 18:9, 6-22.
- [3] Neves, R.J., A.E. Bogan, J.D. Williams, S.A. Ahlstedt & P.W. Hartfield 1997. *Status of aquatic mollusks in the Southeastern United States: A downward spiral of diversity*, in *Aquatic Fauna in Peril: The southeastern perspective*. Benz, G.E. & D.E. Collins (eds). Decatur, Southeast Aquatic Research Institute, Special Publication 1, 43-85
- [4] Strayer, D.L., J.A. Downing, W.R. Haag, T.L. King, J.B. Layzer, T.J. Newton & S.J. Nichols 2004. Changing perspectives on pearly mussels, North America's most imperiled animals. *BioScience*, 54:5, 429 - 439.

- [5] Bauer, G. 1988. Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in Central Europe. *Biological Conservation*, 45, 239-253.
- [6] Hastie, L.C., F. Cooksley, M.R. Scougall, M.R. Young, P.J. Boon & M.J. Gaywood. 2003. Characterization of Freshwater Pearl Mussel, (*Margaritifera margaritifera*) Riverine Habitat Using River Habitat Survey Data. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13, 213-224.
- [7] Reis, J. 2003. The Freshwater Pearl Mussel [*Margaritifera margaritifera* (L.)] (Bivalvia, Unionoida) rediscovered in Portugal and threats to its survival. *Biological Conservation*, 114, 447 - 452.
- [8] Vaughn, C.C. & C.C. Hakenkamp 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*, 46, 1431 - 1446.
- [9] Reis, J. (coord.) 2006. *Atlas dos bivalves de água-doce em Portugal continental*. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa.
- [10] APHA 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 21<sup>st</sup> Edition. By Eaton, A.D., L.; Clesceri, E.W. Rice, A.E. Greenberg & M.A.H. Franson (eds). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, USA.
- [11] INAG, I.P. 2008. *Manuais para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segunda a Directiva Quadro da Água Protocolo de amostragem e análise para o fitobentos-diatomáceas, macrófitos, macroinvertebrados bentónicos e fauna piscícola*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.,
- [12] ESS Method 340.2 1993. *Total Suspended Solids, Mass Balance, Volatile Suspended Solids*. Environmental Sciences Section Inorganic Chemistry Unit. Madison WI 53706.
- [13] Tachet, H., M. Bournaud & Ph. Richoux 1981. *Introduction à l'étude des macroinvertebrés d'eaux douces*. Univ. Claude Bernard et Assoc. de Limnol., Lyon.
- [14] Alba-Tercedor, J. 2000. BMWP', un adattamento spagnolo del British Biological Monitoring Working Party (BMWP) Store System. *Biologia Ambientale*, 14:2,65-67.
- [15] Raven, P.J., N.T.H. Holmes, F.H. Dawson, P.J.A. Fox, M. Everard, I.R. Fozzard, K.J. Rouen 1998. *River Habitat quality: the physical character of rivers and streams in the UK and the Isle of Man*. River Habitat Survey report no. 2, Environment Agency, Bristol.
- [16] Davy-Bowker, J., C.E. Davies, J.F. Murphy 2008. *RAPID 2.1: User Manual, River Habitat Survey data input and calculations*. Centre for Ecology and Hydrology. Natural Environment Research Council,
- [17] STATSOFT Inc. 2004. *STATISTICA (Data Analysis Software System)*. Version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com). Tulsa, USA.
- [18] Teixeira A.T., M. Lopes-Lima, J. Machado, M. Hinzmann, R.Cortes, S. Varandas, & F. Antunes 2010. *Estudos Preliminares de Populações de Mexilhão-de-Rio (Margaritifera margaritifera L.) nos Rios Rabaçal e Tuella (Nordeste de Portugal): Análise do Habitat e da Qualidade da Água e Sedimentos*. Actas do 10º Congresso da Água, Alvor.
- [19] REN (Redes Energéticas Nacionais) 2007. *Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroeléctrico*. COBA & Procesl. 168 pp.
- [20] Hughes M.H. & P.W. Parmalee 1999. Prehistoric and modern freshwater mussel (Mollusca: Bivalvia) faunas of the Tennessee River: Alabama, Kentucky, and Tennessee. *Regulated Rivers: Research and Management* 15: 24-42.
- [21] Oliveira J.M. (Coord.), J.M. Santos, A. Teixeira, M.T. Ferreira, P.J. Pinheiro, A. Gerales & J. Bochechas 2007. *Projecto AQUARIPORT: Programa Nacional de Monitorização de Recursos Piscícolas e de Avaliação da Qualidade Ecológica de Rios*. Direcção-Geral dos Recursos Florestais, Lisboa, 96 pp. ISBN 978-972-8097-67-7

## Monitorização das comunidades zooplanctónicas de albufeiras: aplicações e perspetivas

Ana Maria Geraldes<sup>1</sup> & Pedro Silva-Santos<sup>2</sup>

1-Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança  
Campus de Sta Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 Bragança

2-NOCTULA - Modelação e Ambiente. Quinta da Alagoa Lote 222 – 1º Frente, 3500-606 Viseu  
geraldes@ipb.pt

*Resumo* – Em Portugal Continental o regime de precipitação é irregular. Consequentemente, as reservas de água doce existentes são escassas. Este facto levou à criação de numerosas albufeiras nos principais cursos de água. As albufeiras constituem a principal fonte de água doce para os mais variados fins – abastecimento urbano, produção de energia hidroelétrica e irrigação. Dada a sua localização privilegiada, muitas funcionam ainda como espaços de recreio e de lazer, durante os meses de Verão. No entanto, estes sistemas são muito sensíveis à degradação ambiental. As comunidades zooplanctónicas têm um papel chave nos lagos e albufeiras devido às interações que estabelecem com os níveis mais baixos e mais elevados das teias alimentares. Este papel associado à sua sensibilidade e resposta rápida às variações ambientais tornam-nas boas “sentinelas” de eventuais alterações na qualidade da água e na integridade ecológica das albufeiras. Na presente comunicação são apresentados dois casos concretos que demonstram a importância prática da monitorização das comunidades zooplanctónicas para a tomada de decisões de gestão dos sistemas aquáticos. Na Albufeira da Agueira no âmbito do Processo de AIA do ancoradouro do Resort & SPA Montebelo Agueira avaliaram-se os impactos previstos decorrentes da instalação desta infraestrutura através da monitorização da comunidade zooplanctónica. No segundo exemplo, foi avaliada a aplicabilidade de modelos dinâmicos na previsão de tendências dos grupos mais abundantes de zooplâncton que ocorrem na Albufeira do Azibo (onde as amostragens decorrem desde o ano 2000). Apesar do carácter preliminar deste estudo, os resultados obtidos são encorajadores, pois parecem demonstrar os padrões de variação das comunidades zooplanctónicas face a cenários de alteração na qualidade da água.

*Palavras-chave:* albufeiras, zooplâncton, indicadores, qualidade da água, parâmetros ambientais, avaliação de impactos ambientais, modelação dinâmica, Diretiva Quadro da Água

### 1 Introdução

Em Portugal a escassez de lagos naturais levou à criação de numerosas albufeiras. Estes sistemas aquáticos são a principal fonte de água doce para os mais variados fins: Abastecimento urbano, produção de energia eléctrica e irrigação. Por vezes, devido à sua localização privilegiada, muitas destas albufeiras são utilizadas com espaços de recreio de lazer durante os meses de verão. No entanto, estes sistemas são muito sensíveis à degradação ambiental. As perturbações causadas pelas actividades humanas, quer na vizinhança destes sistemas, quer na bacia de drenagem, estão geralmente relacionadas com más práticas agrícolas e florestais, poluição urbana e actividades turísticas. O uso intenso da água faz com que a maior parte das albufeiras apresentem flutuações extremas e aperiódicas do nível da água. As consequências principais destas acções são a redução da integridade ecológica das albufeiras, traduzindo-se na degradação da qualidade da água. De salientar que estes processos de degradação poder-se-ão acentuar com as alterações climáticas. O zooplâncton tem um papel chave nos lagos e albufeiras devido às interações que estabelece com os níveis mais baixos e mais elevados das teias alimentares (Fig. 1). Os herbívoros que fazem parte do zooplâncton, para além de controlarem as populações de microalgas, também condicionam as concentrações dos nutrientes e da matéria orgânica, influenciando as suas taxas de sedimentação. As características das comunidades zooplanctónicas associadas à sua sensibilidade e resposta rápida às variações ambientais tornam-nas boas sentinelas de eventuais alterações na qualidade da água e na integridade ecológica das albufeiras [1,2].

Os principais grupos de zooplâncton que são usados em estudos de monitorização ambiental são os organismos pertencentes ao filo Rotifera (Fig. 2, indivíduos I e H) e ao filo Arthropoda, Classe Crustacea (Cladocera: Fig. 2 D, E, F e G e Copepoda: Fig. 2 B e C).

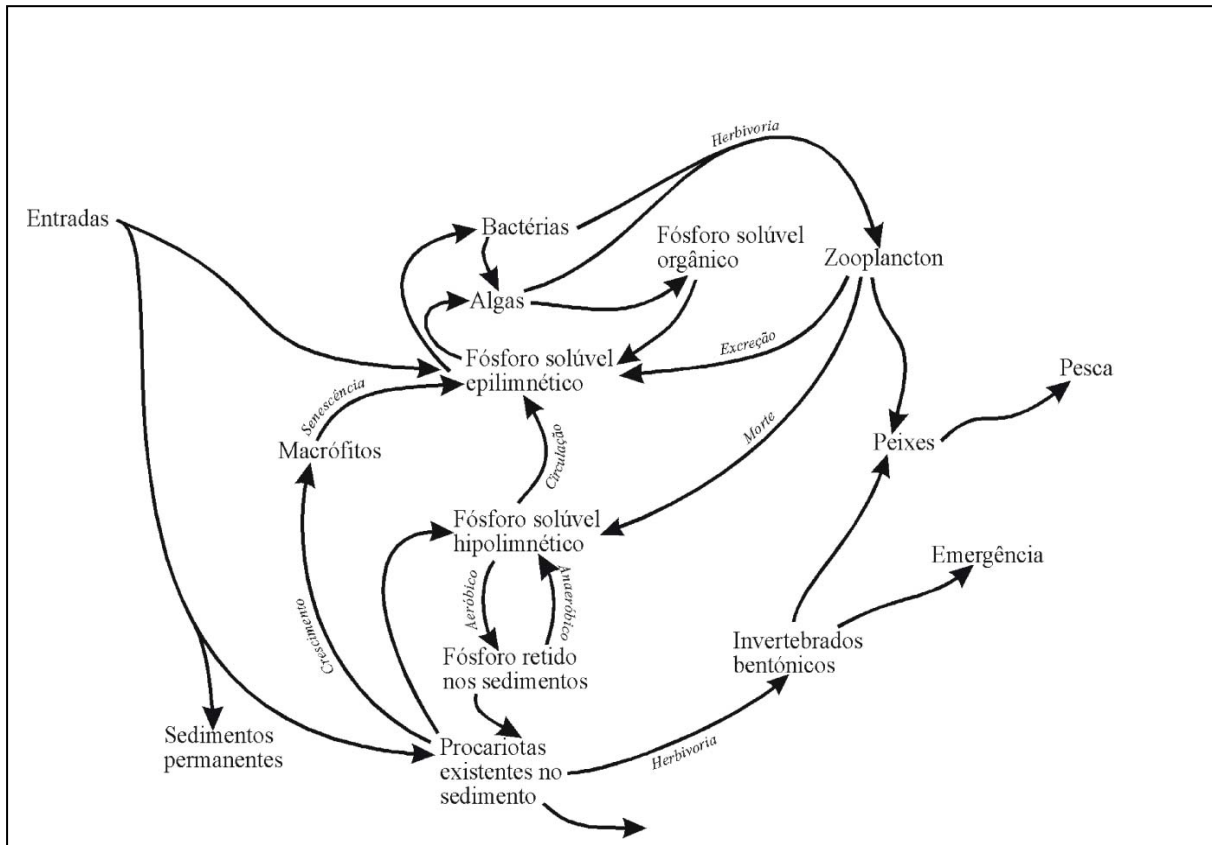


Figura 1 - Funções ecológicas e interações das comunidades zooplancónicas em lagos e albufeiras. Adaptado de [3].

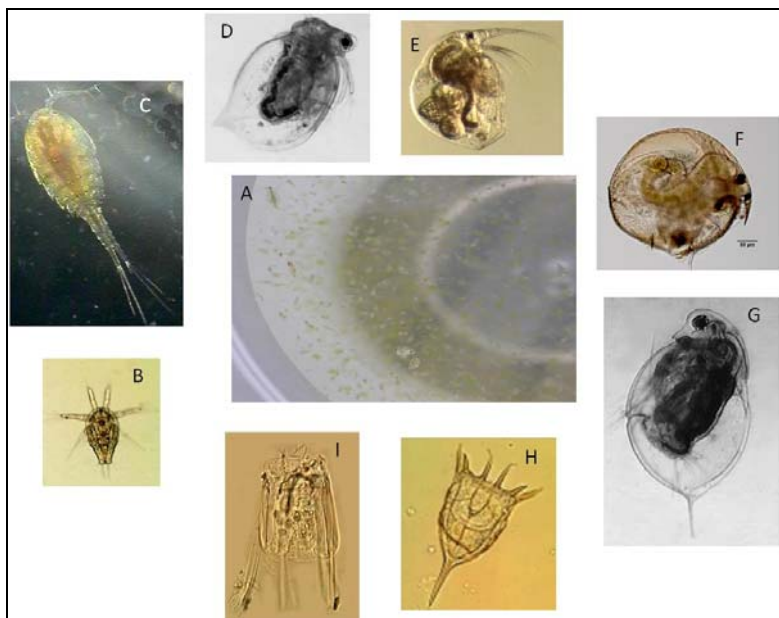


Figura 2 - Amostra de zooplâncton observada à vista desarmada (A); Imagens microscópicas de náuplios (B), *A. robustus* (C), *Ceriodaphnia* (D), *Bosmina* (E), *Chydorus* (F), *Daphnia* (G), *Keratella* (H) e *Polyarthra* (I). De salientar que só os Copepoda adultos e as *Daphnia* são visíveis à vista desarmada. Todos os outros grupos podem ser visíveis à lupa binocular numa ampliação de 50x. No entanto, alguns Rotifera só são visíveis ao microscópio. As imagens B a H são da autoria de [4].

Na presente comunicação são apresentados dois casos concretos que demonstram a importância prática da monitorização das comunidades zooplanctónicas para a tomada de decisões de gestão dos sistemas aquáticos.

## 2 Caso de Estudo 1

A Albufeira da Aguieira (latitude 40° 20' 27" N; longitude 8° 11' 48" W) localiza-se na bacia do Mondego (distrito de Viseu, concelho de Mortágua, freguesia de Almaça) e entrou em funcionamento no ano de 1981. Destina-se essencialmente à produção de energia hidroeléctrica mas também é utilizada para abastecimento público, irrigação e turismo. Esta albufeira está sujeita a vários focos de poluição de origem urbana e agrícola. O projeto Ancoradouro da Aguieira-Crafuncho consiste em cais flutuantes, com capacidade para 400 embarcações e integra-se no *Complexo Turístico Montebelo Aguieira Lake Resort & SPA* que se desenvolve numa área de 50 ha e consta de várias infra-estruturas turísticas e de lazer, das quais fazem parte uma estalagem, um *apart-hotel*, um condomínio residencial de 12 ha e uma zona de lazer com piscina colectiva, *court* de ténis, área comercial e o ancoradouro em estudo. A monitorização da comunidade zooplanctónica foi realizada no âmbito do Plano de Monitorização da Fauna constante na Declaração de Impacte Ambiental no âmbito de Procedimento de AIA do projeto “Ancoradouro da Aguieira-Crafuncho”. O plano de monitorização teve como objetivo identificar, acompanhar e avaliar eventuais impactes decorrentes da implementação do projecto sobre a qualidade da água e a integridade ecológica da albufeira. A monitorização da comunidade zooplanctónica foi realizada sazonalmente de 2010 a 2011 (Fig. 3). Concomitantemente, foram também caracterizados vários parâmetros ambientais (fosfatos, nitratos, nitritos, condutividade, pH, clorofila *a* e transparência da água).

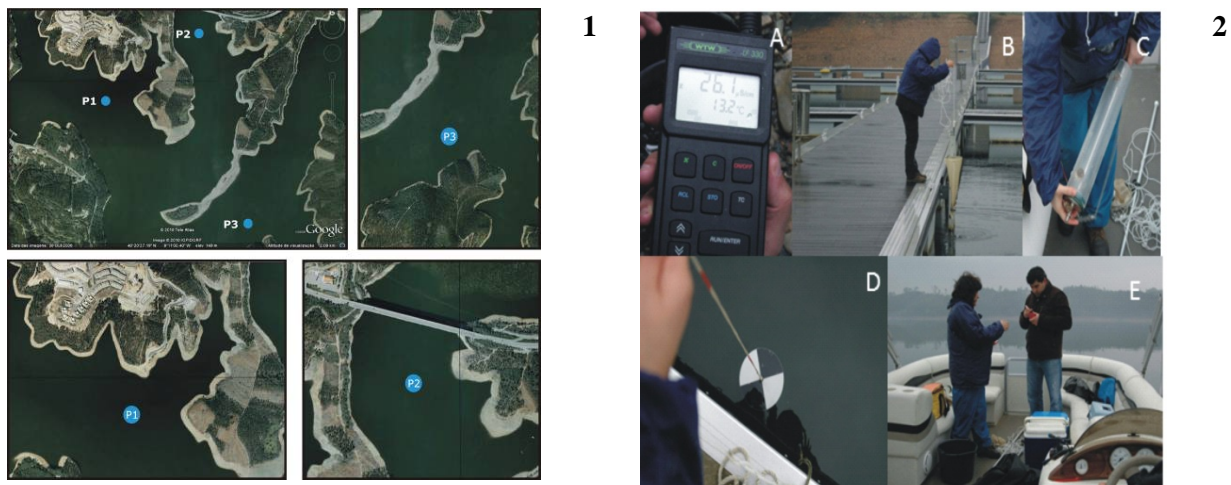


Figura 3 - Pontos de amostragem (1) e trabalhos de monitorização (2): (A) Sonda Multiparamétrica, (B) Colheitas de Zooplâncton com rede de arrasto, (C) Garrafa de colheita de água, (D) Medição da transparência da água com o Disco de Secchi e (E) Barco utilizado para a obtenção das amostras em P2 e P3.

Com um período de amostragens tão reduzido é difícil aferir os reais impactes negativos da instalação do ancoradouro. No entanto, durante os trabalhos de monitorização foi detetada uma espécie de Cladocera, *Bosmina coregoni*, que nunca tinha sido referenciada nesta albufeira [5]. Esta espécie é originária do norte e centro da Europa e pode ter sido introduzida em consequência da instalação do ancoradouro. De facto, após a instalação desta infra-estrutura, a albufeira tem sido visitada por várias equipas de atletas de vários pontos da Europa com o objetivo de se prepararem para várias competições de remo e caiaque. Estes atletas podem ter sido os vetores de introdução desta espécie na albufeira (ver [6]).

A comunidade zooplactónica da albufeira da Aguieira é típica de sistemas eutrofizados, ou seja, sujeitos a cargas elevadas de poluição orgânica. No verão a qualidade da água degrada-se ainda mais criando condições propícias ao aparecimento de *blooms* de cianobactérias (Fig.4). Em consequência, os Cladocera e os Copepoda herbívoros são substituídos por Rotifera que se alimentam de detritos e de outras partículas de pequenas dimensões (Fig 5).

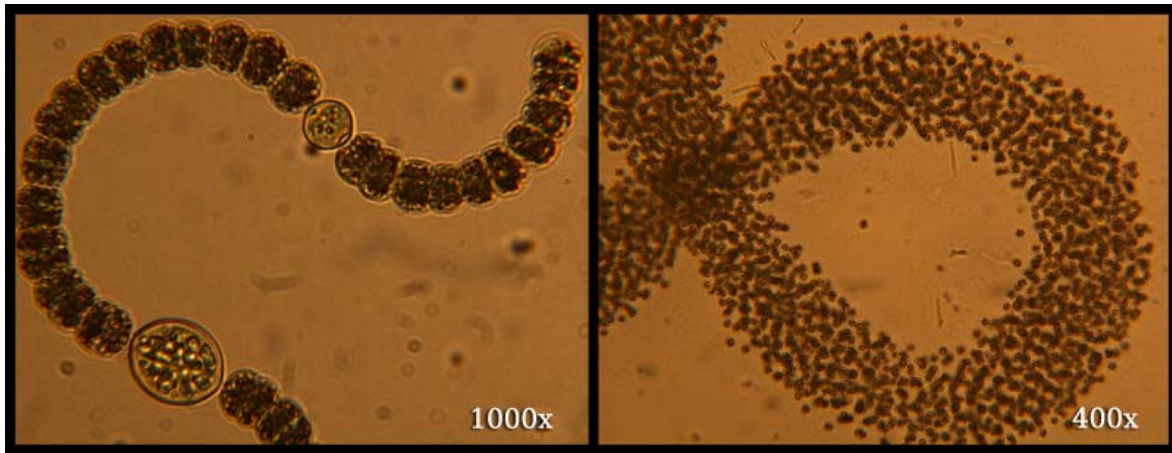


Figura 4 – Exemplo de 2 espécies registadas durante um *bloom* de cianobactérias que ocorreu na Albufeira da Agueira (verão de 2011). *Anabaena* sp. (à esquerda) e *Microcystis* sp. (à direita).

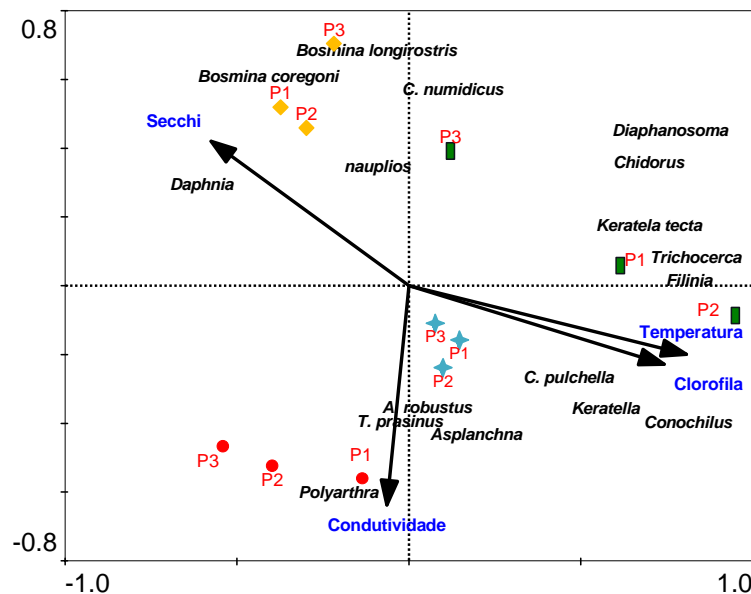


Figura 5- Resposta das espécies de zooplâncton às variações das condições ambientais. O aumento da temperatura e a presença de cianobactérias levam à dominância dos Rotifera. Os valores das variáveis ambientais aumentam na direção das setas. Amostragens: Março 2010- Círculos vermelhos; Maio 2010- Estrelas azuis; Setembro 2010 - retângulos verdes; Janeiro 2011: diamantes amarelos.

### 3 Caso de Estudo 2

A Albufeira do Azibo (Latitude: 41°32' 50"N; Longitude: 6° 53' 28"W) localiza-se na bacia do Douro. Desde Janeiro de 2000 que decorrem amostragens mensais das comunidades zooplancónicas com o objetivo de obter longas séries de dados que permitam determinar tendências destas populações em resposta às variações ambientais. Esta albufeira foi criada em 1982 e inicialmente destinava-se à irrigação. Contudo, este projeto nunca foi concluído e atualmente esta albufeira abastece o concelho de Macedo de Cavaleiros e parte do concelho de Mirandela e é uma importante zona balnear, em especial, durante os meses de verão. Como não é utilizada para produção de energia hidroelétrica, as flutuações no nível de água são pouco acentuadas, o que torna este sistema apropriado para avaliar os efeitos das modificações das variáveis ambientais nas comunidades zooplancónicas, sem a interferência destas flutuações.

O trabalho aqui descrito tem como objetivo avaliar a aplicabilidade de métodos estocástico-dinâmicos na previsão de tendências dos grupos mais abundantes de zooplâncton que ocorrem na Albufeira do Azibo. Esta metodologia é um processo de modelação sequencial que tenta captar tendências holísticas reveladoras do

estado ecológico dos ecossistemas. Previamente ao desenvolvimento dos modelos realizaram-se análises de regressão de forma a permitir discriminar as relações existentes entre a componente biótica e abiótica. Apesar de estas análises serem estáticas, os dados recolhidos incluem verdadeiros gradientes de alteração ao longo do tempo, de forma a captar a dinâmica destas comunidades. Para a construção dos modelos preditivos compilaram-se dados obtidos em 2 períodos: entre Janeiro de 2000 e Dezembro de 2002 e entre Janeiro de 2007 e Dezembro de 2011. Para além das amostras de zooplâncton, foram incluídas variáveis físico-químicas e meteorológicas, monitorizadas com periodicidade mensal. Os modelos foram desenvolvidos e construídos com recurso ao *software* de dinâmica de sistemas STELLA 9.0® (Fig. 6 e 7).

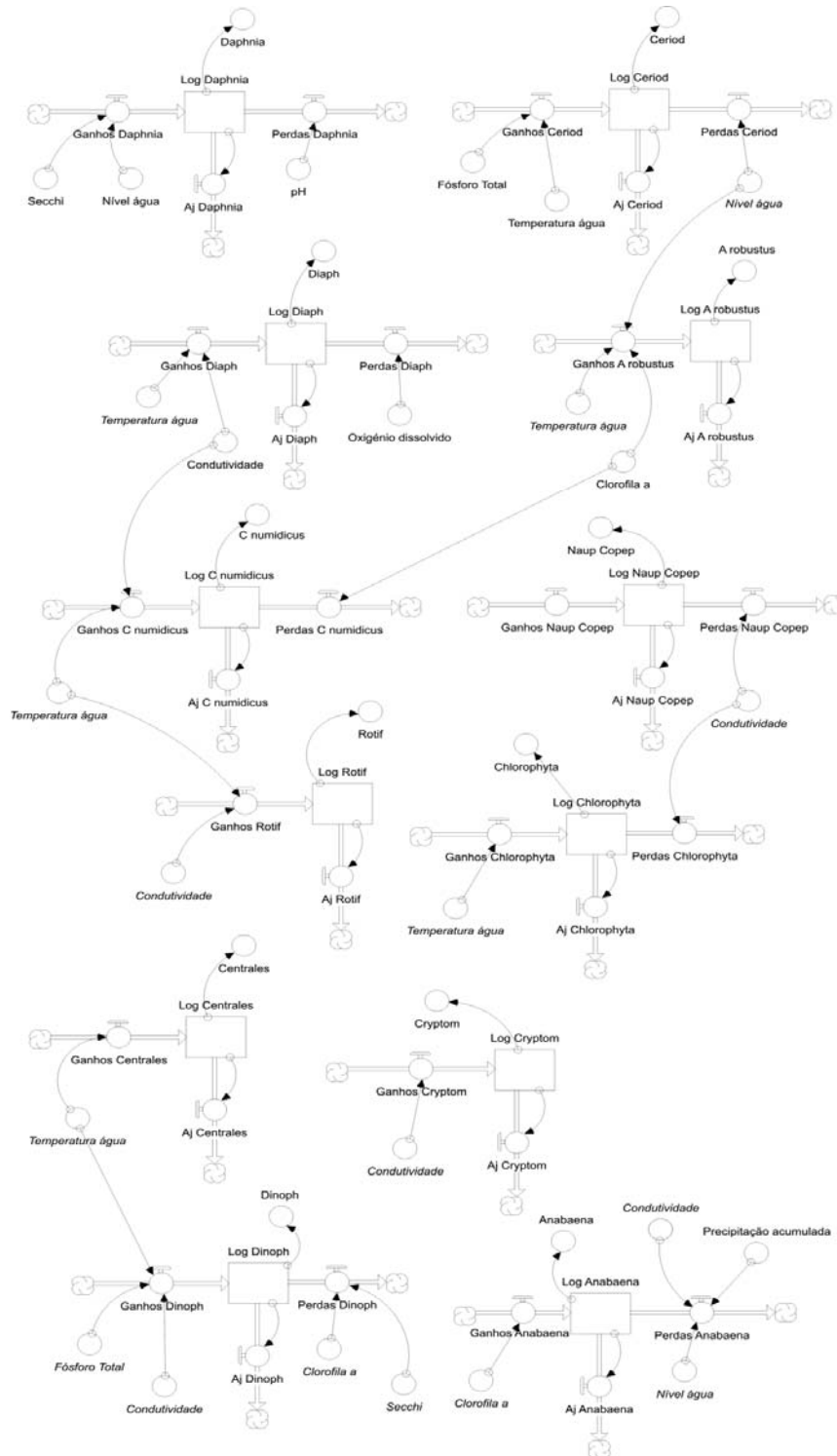


Figura 6 - Diagrama conceptual do modelo utilizado para prever a dinâmica dos taxa zooplanctónicos estudados.

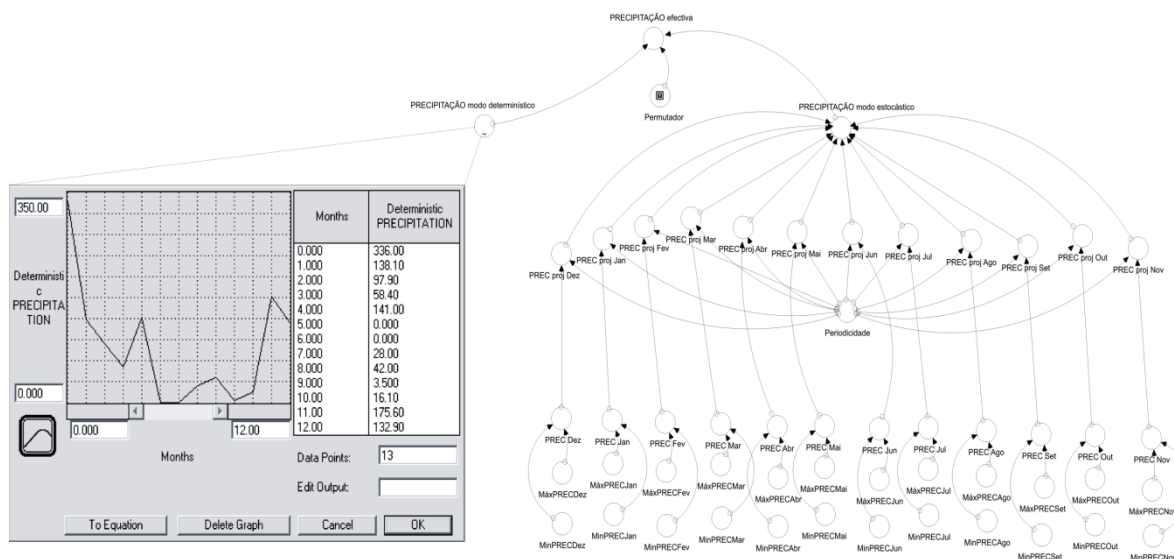


Figura 7 - Diagrama do submodelo usado para representar variações conhecidas ou estocásticas associadas às variáveis independentes. Como exemplo, apresenta-se o sub-modelo utilizado para a variável “Precipitação acumulada”.

Apesar do carácter preliminar deste estudo e da necessidade de futuramente se proceder à validação do modelo, os resultados obtidos até ao momento são encorajadores, pois parecem demonstrar os padrões de variação das comunidades zooplânctónicas face às mudanças ambientais.

As simulações realizadas indicam que um dos principais fatores estruturantes da comunidade zooplânctónica da Albufeira do Azibo é a temperatura (Fig. 6). Outras variáveis ambientais como a condutividade, o pH, as concentrações de fósforo total (Fig. 6) também são determinantes, quer direta quer indiretamente (e.g. pela influência na abundância de certos grupos de fitoplâncton mais ou menos edíveis). Todas estas tendências são corroboradas por [7,8]

#### 4 Considerações finais

- ✓ Numa época em que os recursos hídricos são cada vez mais escassos, não só devido ao consumo crescente, mas também à deterioração da qualidade da água, estes trabalhos de monitorização são de extrema importância, pois permitem conhecer o funcionamento destes ecossistemas. Este conhecimento permite a elaboração e a adoção de medidas de gestão atempadamente, podendo evitar a total degradação ecológica destes sistemas e os consequentes prejuízos para a sociedade.
- ✓ A Diretiva Quadro da Água (2000/60/CE), transposta para o Direito Interno Português pela Lei nº 58/2005 tem como objetivo que os ecossistemas aquáticos atinjam o bom estado ecológico. Para tal prevê a monitorização não só de parâmetros ambientais mas também de várias comunidades bióticas: fitoplâncton, macrófitas aquáticas, macro-invertebrados e peixes. Inexplicavelmente a monitorização do zooplâncton não é contemplada por esta legislação.
- ✓ No entanto, apesar da monitorização do zooplâncton não estar contemplada na Diretiva, as interações que estas espécies estabelecem com os níveis mais baixos e mais elevados das teias alimentares, e a sua sensibilidade e rápida resposta às variações ambientais, tornam-nas boas “sentinelas” de eventuais alterações na qualidade da água e na integridade ecológica das albufeiras. Por outro lado, ao contrário dos peixes, cuja amostragem implica uma logística complexa, a amostragem do zooplâncton é simples e pouco dispendiosa.
- ✓ Ambos os casos apresentados demonstram que a monitorização das comunidades zooplânctónicas fornece indicações válidas acerca do estado ecológico dos sistemas aquáticos, podendo ser utilizadas

para a tomada de decisões de gestão. As limitações principais são a inexistência de séries longas e contínuas de dados que permitam inferir a evolução temporal das comunidades.

- ✓ Apesar das limitações existentes no caso 1 (e.g. a quase inexistência de uma situação de referência e o pequeno número de amostragens), os dados obtidos permitiram inferir respostas do zooplâncton face às variações ambientais e detetar a ocorrência da introdução de uma espécie exótica. No entanto, é muito difícil imputar as variações observadas a impactes negativos devido à instalação do ancoradouro.
- ✓ O modelo apresentado no caso 2, ainda se encontra em desenvolvimento, sendo necessário futuramente proceder-se à sua validação. No entanto, os resultados obtidos são encorajadores, pois parecem demonstrar a ocorrência os padrões de variação das comunidades zooplanctónicas face às mudanças ambientais. Espera-se que quando estiver concluído possa ser utilizado como uma ferramenta de gestão, permitindo prever quais são as consequências da intensificação das atividades humanas (e.g. aumento da intensidade do uso da água ou do afluxo de turistas) e das variações climáticas na integridade ecológica não só na albufeira do Azibo, mas que também possa ser adaptado e utilizado de forma credível na gestão de outras albufeiras.
- ✓ As albufeiras aqui abordadas bem como as bacias onde estão inseridas, têm potencialidades para o desenvolvimento de atividades ligadas ao turismo de natureza, desportivo e rural. Estas atividades poderão constituir alternativas económicas para as populações locais. No entanto, é necessário melhorar, recuperar e manter, posteriormente, o estado ecológico destes sistemas. Por outro lado, há a considerar que o aumento dos custos do tratamento de água para abastecimento urbano é proporcional à intensidade da degradação dos ecossistemas aquáticos. Deste modo, a par existência de um conhecimento profundo da sua ecologia que permita o desenvolvimento de ferramentas de gestão, o envolvimento dos decisores políticos, das populações e de outras entidades competentes neste processo é também crucial para a manutenção do bom estado ecológico destes ecossistemas.

#### Referências

- [1] Lampert, W. & U. Sommer. 1997. *Limnoecology: the ecology of lakes and streams.*: Oxford University Press, New York 382 pp.
- [2] Jeppesen, E., Nørgaard, P., Davidson T.A., Haberman, J., Nørgaard, T., Blank, K., Lauridsen, T.L., Søndergaard, M., Sayer, C., Laugaste, R., Johansson, L.S., Bjerring, R. & S. L. Amsinck. 2011. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia* 676:279–297.
- [3] Harper, D. 1992. *Eutrophication of freshwaters - principles, problems and restoration.* Chapman e Hall, London, 327pp.
- [4] Haney, J.F. et al. (2003-2010) *An Image-based Key to the Zooplankton of the Northeast, USA*” Version 4.0 released 2010. University of New Hampshire Center for Freshwater Biology. (<http://cfb.unh.edu/cfbkey/html/index.html>) acedido em 6/9/2011.
- [5] Oliveira, M.R.L. & M.T. Monteiro. 1992. “*Blooms*” de *Cyanophyceae* na Albufeira da Aguieira: *Efeitos na qualidade da água e no zooplâncton.* Relatório Técnico Científico INIP (61), 57pp.
- [6] Stasko, A.D., Patenaude, T., Strecker, A.L. & S.E. Arnott. 2012. Portage connectivity does not predict establishment success of canoe-mediated dispersal for crustacean zooplankton. *Aquat Ecol* 46:9–24.
- [7] Geraldes, A.M. & M.J. Boavida 2004a. What factors affect the pelagic cladocerans of the meso-eutrophic Azibo reservoir? *Ann. Limnol. – Int. J. Lim.* 40: 101-111.
- [8] Geraldes, A.M. & M.J. Boavida, 2004b. Limnological variations of a reservoir during two successive years: One wet, another dry. *Lakes and Reservoirs: Research & Management.* 9:143-152.

## Política de recursos naturais e finanças locais

Nina Aguiar

Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança,  
Campus de Sta Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 Bragança  
naguiar@ipb.pt

*Resumo* – A política pública de recursos naturais (PRN) das últimas décadas pode caracterizar-se através de dois aspetos: 1) a PRN baseou-se numa abordagem conservacionista pura, sem mobilização dos recursos naturais para o processo produtivo; 2) no plano das finanças públicas, a PRN assentou exclusivamente na despesa. Os impostos e outros instrumentos de mercado em geral não tiveram qualquer papel nessa política. Esta abordagem teve impactos significativos, sendo um deles a criação de dois setores territoriais bem distintos: O setor com estatuto de conservação, onde as políticas de conservação se concentraram; e o sector sem estatuto de conservação, onde a ausência de medidas de conservação foi praticamente total. Os objetivos de conservação não parecem ter sido seriamente incorporados na atividade produtiva em nenhum destes setores. Este facto originou externalidades negativas importantes, não tendo sido, até ao momento, colocada em prática uma política para compensar estas externalidades. No setor com estatuto de conservação, existem alguns sinais positivos no que respeita à conservação, mas existem também relevantes sinais negativos. Entretanto, algumas dinâmicas novas estão a ser introduzidas discretamente no plano político, que podem levar a uma dramática alteração do contexto descrito. Nas finanças públicas, é exetável que as administrações públicas enfrentem pesadas restrições orçamentais no futuro próximo e não é previsível que tais constrangimentos tenham natureza transitória. Neste novo contexto, pode tornar-se necessário introduzir instrumentos de mercado na PRN. Contudo, o estatuto de “bens comuns”, que é predominante nos recursos naturais, pode obstar a esta alteração. Uma PRN para o novo contexto das finanças públicas requer uma revisão da conceção tradicional do estatuto dos “bens comuns”, acompanhada de uma regulação mais vigorosa sobre o uso dos recursos naturais por parte da atividade produtiva, bem como uma política tributária que compense as externalidades negativas.

*Palavras-chave:* política de recursos naturais, instrumentos de mercado, tributação, modelos finanças locais.

### 1 A conservação da natureza e a despesa pública

O presente artigo tem como objetivo questionar a atual abordagem da política de conservação da natureza (PCN), à luz de um conjunto circunscrito de aspetos financeiros.

Neste artigo, o termo “recursos naturais” é usado numa aceção ampla, designando tudo o que possa ser usado pelos seres humanos [1] a partir do património natural [2]. Neste sentido, os recursos naturais podem ser tangíveis – solo agrícola, água, minérios – ou intangíveis – proximidade do mar, paisagem, etc. O termo “recursos naturais”, assim definido, extravasa o grupo dos recursos sobre os quais incide, tradicionalmente, a política de conservação da natureza ou mesmo a política ambiental. Por exemplo, as políticas agrárias e de pescas, bem como a política de ordenamento do território são parte da gestão de recursos naturais, cruzando-se apenas parcialmente com as políticas de conservação da natureza e ambiental. No entanto, por necessidade de delimitação do objeto, a nossa análise incide principalmente sobre a política de conservação da natureza e, incidentalmente, sobre outras políticas relacionados com outros recursos naturais.

Numa perspetiva financeira, a política de conservação da natureza levada a cabo em Portugal ao longo das últimas quatro décadas tem assentado no princípio de pagamentos públicos como contrapartida dos serviços prestados pelos ecossistemas<sup>1</sup>. Trata-se de um traço estrutural da PCN portuguesa e europeia, aparecendo recortado com maior nitidez em determinadas vertentes ou medidas – como as compensações diretas pagas a particulares em algumas situações – e apresentando-se mais difuso noutras vertentes, como a despesa com os serviços do departamento governamental da conservação da natureza ou, mais recentemente, com as

---

<sup>1</sup> Embora a noção de pagamentos por serviços dos ecossistemas só tenha sido plenamente teorizada em 1997, por Robert Costanza et al, *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, Nature, 387, 1997, ela encontra-se já na base da política de conservação da natureza desde o início, embora de forma não explícita.

transferências ligadas à conservação da natureza no contexto da Lei das Finanças Locais. Consequência desta conceção estrutural, a PCN tem-se baseado exclusivamente, ao longo do mesmo período de tempo, na despesa pública. Uma tentativa de alterar este modelo teve lugar com o regulamento das taxas a aplicar pelo ICNB (Portaria n.º 138-A/2010), o qual, além de recente, é ainda um instrumento demasiado imaturo para poder sem bem-sucedido sem alterações profundas.

A despesa pública relacionada com a PCN é veiculada através de vários circuitos, dos quais os principais podem ser apresentados graficamente como se indica na Fig. 1.

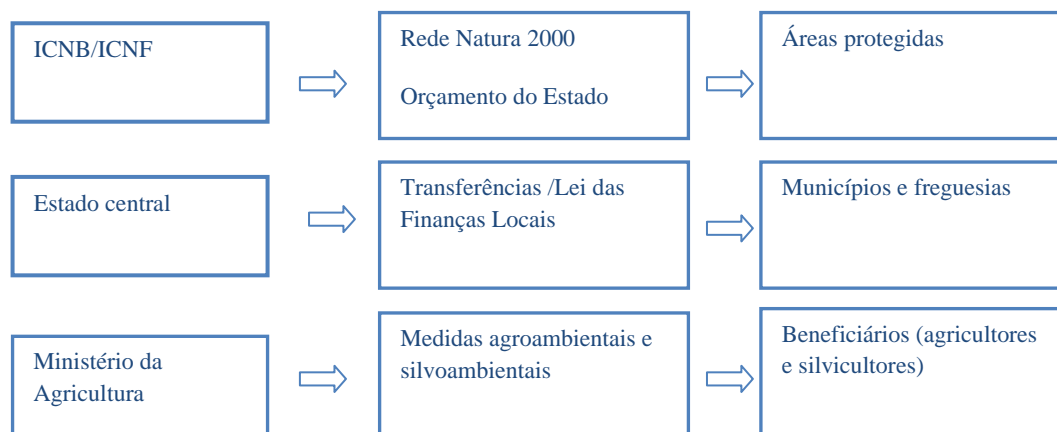


Figura 1: Circuitos de realização de despesa pública ligada à conservação da natureza em Portugal

## 2 As duas principais abordagens em gestão dos recursos naturais

Quando se refere a conservação da natureza ou a gestão dos recursos naturais, distinguem-se duas abordagens fundamentais: a abordagem reguladora, baseada na emissão de normas de cumprimento obrigatório e no seu controlo *a posteriori*, e a abordagem baseada em instrumentos baseados no mercado [3].

Assiste-se na atualidade, a nível europeu e mundial, no plano da política de conservação da natureza, a uma deslocação da atenção dos instrumentos reguladores para os instrumentos baseados no mercado [4]. Existem várias formas de definir instrumentos de mercado, sendo uma das mais amplamente aceites a que os define como os instrumentos que encorajam comportamentos através de sinais de mercado em vez de regras explícitas [5].

Os instrumentos baseados no mercado ligados à conservação da natureza e dos recursos naturais são de vários tipos e são classificados de diferentes formas por vários autores. Não existe a este propósito qualquer consenso que nos permita oferecer aqui uma classificação típica. De um modo geral, todos os autores reservam uma categoria para os impostos, as taxas e os subsídios, e uma outra para os instrumentos baseados em direitos (o exemplo mais notório é o dos direitos de emissão de dióxido de carbono) [6]. Alguns autores referem ainda os instrumentos baseados em fatores facilitadores do mercado, os quais podem consistir no fornecimento de informação técnica ou mesmo em intervenção técnica, desde que, em ambos os casos, tais fatores contribuam para a emergência de um mercado onde este anteriormente não existia.

Por nossa parte sugere-se que, à exceção desta última categoria de instrumentos, cuja classificação é mais discutível, os instrumentos baseados no mercado têm duas características básicas: i) procuram sempre influenciar os preços dos bens ou serviços transacionados; ii) e pressupõem a existência de um mercado para o recurso em causa.

Introduzido, em termos genéricos, o conceito de instrumentos baseados no mercado, é importante contrariar a ideia de que os instrumentos mencionados, como por exemplo as taxas ou os subsídios, são sempre instrumentos baseados no mercado. Antes de podermos dizer que um determinado instrumento, utilizado em política de conservação da natureza ou em gestão dos recursos naturais, é um instrumento baseado no mercado, é necessário verificar se tal instrumento se encontra desenhado com o intuito específico de fazer emergir ou fomentar o mercado ou se adapta a um mercado existente. Em resumo, os instrumentos baseados no mercado

supõem a existência de um mercado e são desenhados com o intuito de fomentar o mercado, ao contrário dos instrumentos não baseados no mercado, os quais, com frequência, em conservação da natureza e dos recursos naturais, conduzem ao detrimento ou eliminação do mercado [7].

Tomemos, como exemplo, um parque natural totalmente integrado no domínio do Estado (propriedade pública) onde existissem recursos cinegéticos em quantidade suficiente para poderem ser explorados. Para garantir a exploração sustentável, os serviços de conservação da natureza fixariam as quantidades máximas de captura (abordagem reguladora). Em seguida, seria estabelecido um regime de “licenças” pelas quais seriam pagas taxas e que teriam associado um número máximo de peças a capturar. Independentemente da designação utilizada, o valor a pagar pelos caçadores seria um preço público, portanto do tipo “instrumento baseado no mercado”. Mas a não ser que as licenças pudessem, por sua vez, ser transacionadas – como acontece no caso dos direitos de emissão de dióxido de carbono – não haveria neste caso um mercado, uma vez que, do lado da oferta, haveria um monopólio estatal e os preços não seriam fixados pelo mecanismo do equilíbrio da oferta e procura.

O exemplo procura mostrar também que, se não se olhar ao segundo requisito apontado para o conceito de instrumento de mercado – *i.e.* uma particular configuração desenhada para fomentar um mercado – o conceito de instrumento baseado no mercado será de escassa utilidade na avaliação de políticas de conservação da natureza ou de gestão de recursos naturais, pois pode levar-nos a tratar como similares instrumentos de natureza antagónica. Alguns economistas, notando isto mesmo, preferem falar em instrumentos económicos, por oposição aos instrumentos regulatórios [8], englobando nessa categoria tanto os instrumentos efetivamente baseados no mercado como os instrumentos antagonistas do mercado. Por nossa parte, consideramos importante falar de instrumentos baseados no mercado, como uma categoria dentro dos instrumentos económicos, sendo que esta categoria se definiria pelo modo como os instrumentos se relacionam com um mercado específico.

O exemplo mostra ainda um segundo aspeto: que a abordagem reguladora e os instrumentos baseados no mercado ou económicos são complementares. Muito dificilmente se pode conceber uma política de conservação da natureza ou de gestão de recursos naturais sem uma abordagem reguladora, como aliás acontece em todos os setores da economia.

Em Portugal, para além dos subsídios (despesa pública), os instrumentos baseados no mercado têm sido parcamente utilizados pela política de conservação da natureza. Já se nos situarmos no plano mais vasto da gestão dos recursos naturais, constata-se uma larga utilização de taxas, preços públicos e até impostos. Exemplos da utilização destes instrumentos podem ser encontrados na política da água, a qual assenta no pagamento de taxas ou preços públicos, nas rendas cobradas com base em contratos de exploração de energia eólica ou na exploração de minérios. O regulamento das taxas a aplicar pelo ICNB, aprovado em 2010, é uma tentativa de abordar a conservação da natureza pelo lado das receitas públicas, com pouco sucesso até à data<sup>2</sup>.

### **3 Alguns aspetos do impacto da PCN em Portugal nas últimas quatro décadas**

A política de conservação da natureza levada a cabo em Portugal ao longo das últimas quatro décadas – baseada, como se referiu, exclusivamente na despesa pública – refletiu-se na formação de dois setores territoriais bem delimitados: Um setor com um estatuto legal de conservação, formado pelas áreas protegidas, no qual se concentrou a despesa pública dirigida à conservação da natureza; E um segundo setor, sem estatuto legal de conservação, no qual a despesa com a conservação da natureza teve um peso diminuto.

A abordagem reguladora, no que diz respeito à PCN, foi preponderante nos dois setores. No setor com estatuto de conservação, o instrumento regulador por excelência é o plano de ordenamento, em coexistência com outros. No setor sem estatuto legal de conservação, existe ainda um razoável número de instrumentos reguladores transversais: a Reserva Ecológica Nacional (REN), a Reserva Agrícola Nacional (RAN) e várias leis de proteção de espécies e da biodiversidade. No entanto, a eficácia destes instrumentos tem sido limitada, bastando mencionar, a título de exemplo, a frequência das ações de desafetação quer da RAN quer da REN.

---

<sup>2</sup> O insucesso na aplicação deste instrumento, em nossa opinião, reside não na própria política de imposição de taxas, mas no desenho do sistema de taxas no seu todo.

Quanto ao setor com estatuto legal de conservação, encontramos: a) casos pontuais de real eficácia, como, por exemplo, a contenção da construção em algumas regiões próximas do litoral; b) casos de aparente eficácia, como em todas aquelas situações em que ocorre visível regeneração dos ecossistemas mais em virtude do abandono das atividades agrícolas e até da desertificação humana do que como um efeito da PCN; e c) casos de ostensivo fracasso da PCN, como por exemplo a exploração de pedreiras na Serra da Arrábida<sup>3</sup>. Para além destes impactos genéricos ao nível da conservação da natureza, importa agora focarmo-nos um pouco mais sobre os aspetos financeiros.

No subsector territorial com estatuto de conservação, constata-se um fenómeno de “desmercantilização” dos recursos naturais, com o que pretendemos significar a inexistência de mercado para grande parte dos recursos naturais (caça e pesca, o conjunto complexo de recursos, tangíveis e intangíveis, utilizados em diversos segmentos do turismo em espaço rural, solos agrícolas e silvícolas, recursos utilizados na produção de energia, etc.). A importância económica deste fenómeno é tanto maior quanto, em certas regiões, como a NUT 3 do Alto-Trás-Montes, os recursos naturais constituem uma parte importante ou até preponderante do total dos recursos económicos disponíveis. Este é um impacto não despreciando numa análise das políticas de conservação e de gestão dos recursos naturais, sobretudo se tomarmos em conta, como vários autores afirmam, que esta imobilização mercantil dos recursos económicos induz inevitavelmente a redução da atividade económica [9].

As causas do fenómeno de “desmercantilização” generalizada dos recursos naturais em certas áreas do interior do território, povoadas, como a do Parque Natural de Montesinho e zonas adjacentes, são complexas e nem sempre são consequência real da PCN. Deve-se notar, mais uma vez, que o termo “desmercantilização” não significa imobilização económica total dos recursos naturais, mas apenas a ausência de mercados para esses recursos. Com efeito, alguns recursos naturais existentes nessas áreas estão mobilizados, como por exemplo o potencial de energia eólica ou os recursos de caça e pesca. Mas tal não quer dizer que existam mercados desses recursos. Não existem, realmente, tais mercados ou porque os recursos em causa se encontram na titularidade de entidades públicas territoriais, ou porque são controlados economicamente por entidades públicas territoriais, ou porque são propriedade coletiva (baldios). A “desmercantilização” dos recursos naturais é visível em relação a muitos outros recursos: fraco aproveitamento do potencial turístico em todos os seus segmentos, com reduzido número de operadores privados, reduzido número de operadores privados na caça e na pesca, mercado de terras pouco ativo, redução da área agrícola explorada e a extensificação do uso da área agrícola, etc. A consequência deste vazio de atividade mercantil é inevitavelmente a queda do emprego e da produção de riqueza ligados à economia dos recursos naturais.

Quanto a uma possível explicação para este fenómeno, os teóricos do federalismo fiscal têm afirmado que esta situação é típica de um modelo de financiamento local em que: i) as entidades locais são fortemente dependentes financeiramente das transferências centrais; ii) o peso de recursos financeiros (impostos e taxas) próprios nas receitas é diminuto; iii) existe fraca disciplina orçamental, com laxismo ao nível do endividamento. Neste quadro financeiro, as entidades públicas tendem inevitavelmente a apropriar-se do controlo efetivo sobre os recursos económicos locais o que é, em si, um modelo antagonista do mercado [10]. Se, além disso, uma parte das transferências financeiras é ainda condicionada à imobilização mercantil dos recursos, como acontece com as transferências de carácter ambiental ao abrigo da Lei das finanças locais e com muitas das medidas agro e silvoambientais, esse constitui inevitavelmente um fator de agravamento do efeito antagonista do mercado acima citado. O que sugerimos, de acordo com as teorias do federalismo fiscal de segunda geração, é que um peso muito elevado de transferências financeiras públicas condicionadas ou indutoras da imobilização mercantil dos recursos, associada a uma concentração pública da economia dos

---

<sup>3</sup> Segundo o Plano de Ordenamento do Parque Natural da Serra da Arrábida (Resolução do Conselho de Ministros nº 141/2005) são objetivos seus objetivos específicos: “a) A promoção da conservação dos recursos naturais da região, através do desenvolvimento de ações tendentes à salvaguarda da flora (...) e dos aspetos geológicos e paisagísticos;” e “d) O contributo para a ordenação e disciplina das atividades urbanísticas, industriais, recreativas e turísticas, de forma a evitar a degradação dos valores naturais, seminaturais e paisagísticos, estéticos e culturais da região, possibilitando o exercício de atividades compatíveis, nomeadamente o turismo da natureza;”

recursos naturais, a qual é igualmente antagonista da mercantilização desses recursos, origina redução da atividade económica, da produção de riqueza e do emprego na região em causa.

#### **4 O futuro de uma PCN baseada na despesa pública**

Independentemente da evolução próxima de duas componentes europeias do financiamento da conservação da natureza – a Política Agrícola Comum e a Rede Natura 2000 – quanto ao futuro das finanças públicas portuguesas, e em face das exigências de saneamento das contas públicas, parece ser ineludível uma redução do financiamento específico da conservação da natureza – da qual a recente fusão entre os departamentos estatais da conservação e das florestas interpretamos como um sinal. O modelo das finanças públicas locais, com um processo de revisão anunciado, deverá também entrar inevitavelmente, pelas mesmas razões, num período de restrições orçamentais, desejavelmente com uma maior disciplina e mais transparência contabilística, e com uma diminuição das transferências do Estado [11]. Ao mesmo tempo, as entidades de governo locais deverão continuar a ver as suas competências e responsabilidades aumentadas e estendidas à conservação da natureza.

A redução das receitas disponíveis para a política de conservação da natureza, em face do balanço que fizemos anteriormente, não permite antever que qualquer dos problemas não resolvidos até agora possa ser solucionados à custa de mais recursos financeiros. Pelo contrário, o efeito mais imediatamente previsível de uma redução dos recursos financeiros afetos à conservação da natureza é a redução da eficiência desta política. Por conseguinte, o futuro de uma PCN, até hoje pouco eficiente, que continuasse assente na despesa pública afigurar-se-ia sombrio.

#### **5 O futuro modelo de finanças locais – interseção com a gestão dos recursos naturais**

Uma vez que as entidades territoriais locais não tinham, até ao momento, competências importantes sobre a conservação da natureza, o previsível aumento da rigidez orçamental nas finanças locais não deverá ter um impacto semelhante ao anteriormente descrito. Tal não significa que essa rigidez orçamental acrescida não tenha consequências ao nível da conservação da natureza e da gestão dos recursos naturais.

A primeira consequência, previsível, será a necessidade de aumentar o peso das receitas próprias no financiamento local, para manter o nível de serviços públicos atual. Para atingir este objetivo, as entidades territoriais locais sentirão, num primeiro momento, a tentação de aumentar o controlo sobre os recursos naturais e de aumentar os rendimentos que retiram diretamente da sua exploração. Esta é, com certeza, uma abordagem possível. Baseando-nos, mais uma vez, nas teses do federalismo fiscal de segunda geração, essa abordagem terá como consequência inevitável uma maior depressão da atividade económica, da produção de riqueza e do emprego. Numa região como Trás-os-Montes, a consequência de tudo isto é, como sabemos, o êxodo populacional.

A segunda abordagem possível é a oposta da anterior. Num plano político, esta segunda abordagem teria como pressuposto que os cidadãos compreendessem e assumissem definitivamente a importância da mobilização, segundo uma filosofia de mercado, dos recursos naturais, para o processo de geração de riqueza a nível local. Num plano mais prático, esta abordagem implicaria alterar profundamente o modelo de gestão dos recursos naturais de modo a incluí-los no processo de criação de riqueza. Esta conceção não é de modo nenhum inovadora, antes vem sendo objeto de reiteradas recomendações por parte das instituições europeias. No entanto, em Portugal, a política de conservação da natureza, porque assente fundamentalmente em despesa pública, tem insistido na visão inversa, de que a conservação da natureza implica criar uma redoma protetora intransponível entre os recursos a conservar e o processo económico.

Por outro lado, esta abordagem implicaria desviar a tónica da ótica da despesa pública para a ótica da receita pública, dentro de um modelo que não seja antagonista de uma economia de mercado mas que seja compatível com a economia de mercado. Este último e decisivo aspeto pressupõe que as entidades públicas locais passem a olhar os recursos naturais não como recursos suscetíveis de serem postos sob o seu controlo, gerando diretamente receitas públicas mas deprimindo ao mesmo tempo a economia privada, provocando desemprego e o êxodo populacional, mas sim como recursos que devem ser mercantilizados, e que uma vez mercantilizados podem gerar receitas fiscais.

Um obstáculo sério a esta abordagem, porém, reside no estatuto jurídico de “bens comuns” de muitos dos recursos naturais que podem ser mobilizados. O desenvolvimento deste ponto implicaria não apenas definir o que se entende por estatuto jurídico de “bens comuns” mas também uma análise detalhada desse estatuto, o que não é possível neste local. Em síntese, em termos estritamente jurídicos, “bens comuns” são bens cuja propriedade não é privada nem pública, mas que pertence a uma comunidade local. Logo, por decorrência desta forma de propriedade, a fruição de tais bens é feita de forma coletiva. Se nos deslocamos de um plano puramente jurídico para um plano socioeconómico, vemos outra realidade. Há cem anos, os bens comuns tinham essa natureza ou porque as utilidades que proporcionavam não eram transacionáveis num mercado – v.g. o direito de caça e pesca – ou porque a fruição coletiva era a forma mais eficiente de aproveitamento económico de tais bens – v.g. pastagens e lenha. Hoje, muitos desses bens proporcionam utilidades económicas que são transacionáveis num mercado – v.g. a caça e a pesca. E também a fruição coletiva já não é, na esmagadora maioria dos casos, a mais eficiente. Prova deste último ponto é o ritmo de desafetação de terrenos dos baldios. As consequências deste desajustamento entre um estatuto jurídico herdado do período medieval e a realidade socioeconómica são várias<sup>4</sup>. Uma delas foi que, sob a capa conservadora do estatuto jurídico da propriedade comunitária, as leis específicas que regulam a gestão dos bens comunitários (lei dos baldios, lei da caça, etc.) foram sendo corroídas por dentro, substituindo-se os mecanismos de fruição coletiva por mecanismos de fruição privada ou pública. Hoje, grande parte dos baldios são recursos sob controlo público. Outra consequência foi que estes mecanismos de fruição privada ou pública não foram acompanhados por normas que assegurassem o controlo e uma transparência mínimas dessa fruição privada ou pública dos bens comunitários. Finalmente, o sentimento de pertença coletiva que ainda persiste em relação a muitos destes recursos impede que eles sejam olhados como recursos suscetíveis de ser mercantilizados.

## 6 Notas finais

No novo contexto das finanças públicas locais, os recursos naturais têm de ser integrados no processo de criação de riqueza. Há várias formas de conseguir este objetivo. Uma consiste na criação de riqueza diretamente pelas entidades públicas, através do controlo dos recursos. Este modelo, que tem ganho terreno em Portugal, tem provado, em todo o mundo, ser antagonista de uma economia de mercado, conduzir ao declínio da atividade económica e ao desemprego. Outra, oposta da primeira, consiste na mercantilização dos recursos naturais. Nesta segunda abordagem, cabem às entidades públicas tarefas fundamentais. Cabe-lhes, em primeiro lugar, a regulação, a qual deverá ser tanto mais rígida quanto mais importantes forem os valores a preservar. Por outras palavras, a mercantilização dos recursos naturais não tem de prescindir dos instrumentos reguladores da conservação da natureza, antes tem de coexistir com estes. Cabe-lhes, em segundo lugar, utilizar instrumentos baseados no mercado que, de forma extremamente criteriosa, fomentem a mercantilização dos recursos naturais ao mesmo tempo que internalizam custos ou externalizam benefícios ambientais. Finalmente, cabe ainda às entidades públicas utilizar instrumentos fiscais para obter receita a partir da gestão dos recursos naturais, o que deve ser feito em observância dos princípios básicos da tributação: no caso dos impostos, o princípio da capacidade económica ou, em algumas situações, do benefício; e o princípio da equivalência no caso das taxas.

Quanto ao papel e ao futuro dos bens comunitários, as leis que regulam esses bens necessitam urgentemente de ser revistas, de modo a permitir, por um lado, a mercantilização dos recursos em relação aos quais a fruição coletiva deixou de ser a mais eficiente e, por outro, que aqueles bens que devam continuar a ser comunitários o sejam efetivamente e não apenas no imaginário dos cidadãos.

### Referências

- [1] William G. Camp, Thomas B. Daugherty (eds.), *Managing Our Natural Resources*, 4ª ed., Cengage Learning, 2000, p. 4.
- [2] Nico Schrijver, *Sovereignty over Natural Resources: Balancing Rights and Duties*, Cambridge Univ. Press, 2008, p. 19.
- [3] Organization for Economic and Cooperation Development, *Invention and transfer of environmental technologies*, OECD Publishing, 2011, p. 20.

---

<sup>4</sup> Ver sobre o tema Fernando Araújo, *A Tragédia dos Baldios e dos Anti-Baldios - O Problema Económico do Nível Ótimo de Apropriação*, Almedina, 2008.

- [4] Kael Andersen et al, *Market- Based Instruments for Environmental Management: Politics and Institutions*, Edward Elgar Publishing, 2000, p. 3; Stuart Whitten et al, *An Overview of Market-Based Instruments and Environmental Policy in Australia*, 2003 AARES Symposium, 2003.
- [5] Robert Stavins, *Experience with market based environmental policy instruments*, *Resources for the Future*, Discussion Paper 0009, 2000.
- [6] Stuart Whitten et al, *Setting the scene: What are market-based tools and why use them? An overview of market-based instruments and environmental policy in Australia*, in Whitten, Carter & Stoneham (eds), *Market-based tools for environmental management*, Proceedings of the 6th annual AARES national symposium 2003: A report for the RIRDC/Land & Water Australia/FWPRDC/MDBC, 2004, p. 183..
- [7] Organization for Economic and Cooperation Development, *Invention...*, *cit.*, p. 20.
- [8] Thomas Sterner, *Introduction*, in Thomas Sterner (ed.), *The Market and the Environment: The Effectiveness of Market Based Policy Instruments for Environmental Reform*, Edward Elgar Publishing, 1999, p. 1.
- [9] OATES, W., *Toward a Second-Generation Theory of Fiscal Federalism*, *International Tax and Public Finance*, 12, 2005, p. 355.
- [10] OATES, W., *op. cit.*, p. 355.
- [11] Council of Europe, *The Impact of the Economic Downturn on local Government in Europe*, Estrasburgo, 2010.

## Análise da insolvência das cooperativas de crédito agrícola

Paula Cabo<sup>1</sup> & João Rebelo<sup>2</sup>

1–Departamento de Ciências Sociais e Exatas & Centro de Investigação de Montanha  
Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança  
Campus de Santa Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 Bragança

2–Departamento de Economia, Sociologia e Gestão & Centro de Estudos Transdisciplinares para o  
Desenvolvimento, Escola de Ciências Humanas e Sociais, Universidade de Trás-os-Montes e Alto  
Douro, Quinta de Prados, Apartado 1013, 5001-801 Vila Real  
paulacabo@ipb.pt

*Resumo* – O acesso ao crédito agrícola tem particular relevância no presente contexto do país, especialmente, dada a elevada dependência nacional de produtos alimentares importados e a atual crise da dívida soberana. Pela sua natureza e abordagem de negócio, as cooperativas de crédito agrícola (Caixas Agrícolas) são uma força poderosa para a recuperação económica nacional, funcionando como fator de estabilização do sector bancário e impulsionador do desenvolvimento local, particularmente das regiões em que a agricultura é a base da economia local. A melhoria do seu desempenho é, assim, uma necessidade estratégica para a recuperação económica das regiões em que se inserem. Esta investigação visa determinar os fatores explicativos da insolvência das Caixas Agrícolas, através da identificação das Caixas "problemáticas" e avaliação do seu risco de insolvência em função de indicadores financeiros, fornecendo aos *stakeholders* das Caixas, um conjunto de ferramentas preditivo da sua potencial futura insolvência. Como resultado foram criados 2 modelos de previsão de insolvência, obtendo um grau de previsão correta global superior a 80%.

*Palavras-chave:* Agricultura, cooperativismo, crédito agrícola, sistema bancário, desenvolvimento local, modelos de previsão.

### 1 Introdução

A crise financeira de 2008 e a crise Europeia de dívida soberana que se seguiu não deixam dúvidas de que se os grandes bancos “entrarem” em dificuldades serão os contribuintes a pagar a fatura, através do resgate estatal, mostrando que os bancos que são privados e globais, nos lucros e na vida; são públicos e nacionais, nas perdas e na morte. Esta é uma das razões porque a robustez do sistema bancário é atualmente uma preocupação e uma prioridade política para as autoridades europeias e nacionais. No caso português a melhoria do desempenho das cooperativas de crédito agrícola (CCAM - Caixas de Crédito Agrícola Mútuo) é uma necessidade estratégica e operacional para garantir a sua sobrevivência e crucial para a recuperação da economia regional. E embora o desempenho do Crédito Agrícola, como grupo, se compare favoravelmente com o de outros bancos, ocasionalmente, as CCAM, a nível individual, entram em insolvência, conforme ocorrido no passado. Por outro lado, a crescente dimensão das CCAM levanta preocupações sobre a resolução de eventuais situações de risco, dadas algumas das regras que regem as cooperativas. No passado, a resolução dos problemas de insolvência das CCAM envolvia, normalmente, a fusão ou incorporação da CCAM em dificuldades noutra CCAM mais eficiente [1]. No entanto, esta estratégia é mais difícil de aplicar a uma CCAM grande e sistêmica e, adicionalmente, a orientação regional das CCAM pode ser limitativa para identificar um parceiro adequado para a fusão, sem a perda da identidade territorial. Como sistema, no processo de planeamento estratégico, especificamente, na fase de diagnóstico e posterior adoção de prescrições plausíveis pelos principais *stakeholders* [membros, clientes, colaboradores, comunidade local, fornecedores e Estado (como órgão fiscal e regulador)], é importante saber algo sobre a sobrevivência das unidades que o integram. Ou seja, é relevante estimar a probabilidade de uma CCAM com um determinado conjunto de características sobreviver mais do que um período específico de tempo no futuro e identificar as características que mais contribuem para a sua insolvência. A concretização deste objetivo exige o uso de modelos estatísticos para traduzir as características das CCAM em avaliações de risco. Este trabalho pretende determinar os fatores explicativos de insolvência das Caixas Agrícolas, através da identificação de CCAM “problemáticas” e avaliação do seu risco de insolvência em função de indicadores financeiros, fornecendo aos seus *stakeholders* um conjunto de ferramentas preditivo de futuras insolvências. Para tal analisa as insolvências de CCAM no período entre 1995-2009, através da análise de regressão logística (Logit) e análise discriminante múltipla (AD) para avaliar a potencial insolvência

das CCAM em função de indicadores económico-financeiros. Assim, na secção 2 faz-se uma breve apresentação do crédito agrícola cooperativo em Portugal, na secção 3 analisa-se a insolvência das CCAM, através da estimação de 2 modelos de previsão de insolvência e a secção 4 oferece as conclusões finais.

## 2 O crédito agrícola em Portugal

O sector agrícola situa-se dentro do âmbito da economia rural e dos mercados financeiros, podendo o crédito agrícola desempenhar um papel crítico no desenvolvimento agrícola, especialmente se é parte de um conjunto de ferramentas que vise promover esse desenvolvimento. Apesar de, em Portugal, o uso de crédito agrícola remontar há vários séculos, até à década de 1980, este foi usado sem qualquer ligação a outras ferramentas que visassem objetivos específicos, devido à falta de políticas consistentes de desenvolvimento agrícola. O acesso ao crédito agrícola tem particular relevância no presente contexto do desenvolvimento agrícola e rural, especialmente dada a elevada dependência nacional de produtos alimentares importados e a atual crise da dívida soberana. Aqui, as Caixas Agrícolas têm um papel fundamental a desempenhar. A sua natureza cooperativa e abordagem de negócio única fazem das CCAM uma força poderosa para a recuperação económica nacional, funcionando como fator de estabilização no sector bancário e impulsionador do desenvolvimento local, particularmente naquelas regiões cuja economia local é suportada pela agricultura.

### 2.1 O sistema integrado de Crédito Agrícola Mútuo português

O sistema integrado de Crédito Agrícola Mútuo português (SICAM) é formado pela Caixa Central e Caixas Associadas (84 CCAM<sup>1</sup>). Conjuntamente com um vasto leque de empresas especializadas e a FENACAM formam o grupo do Crédito Agrícola, atualmente, um dos principais grupos financeiros nacionais, presente em quase todo o território nacional, com cerca de 400 mil membros; 1,2 milhões de clientes, sobretudo pequenos e médios aforradores, agricultores, PME e comerciantes [2], ocupando uma importante posição no sistema bancário nacional, mormente, em termos de emprego, rede de balões e depósitos (Tabela 1).

Tabela 1 – Os maiores bancos de retalho portugueses, em Dezembro de 2011 [3]

	CGD		Millennium BCP		BES		Banco BPI		SICAM	
	Valor	% <sup>a</sup>	Valor	% <sup>a</sup>	Valor	% <sup>a</sup>	Valor	% <sup>a</sup>	Valor	%
Empregados <sup>b</sup> (#)	9,509	16,62%	9,714	17,2%	6,116	10,72%	6,502	11,34%	3,845	6,74%
Balcões <sup>b</sup> (#)	860	13,64%	872	13,83%	672	10,66%	693	11,00%	690	10,94%
Activos Líquidos <sup>c</sup>	108,869	21,52%	97,753	19,32%	74,087	14,64%	43,148	8,53%	13,030	2,58%
Situação Líquida <sup>c</sup>	4,663	22,07%	4,517	21,38%	5,171	24,78%	0,042	0,20%	1,058	5,00%
Resultados Líquidos <sup>c</sup>	-0,316		-0,469		-0,133		-0,217		0,053	
Crédito sobre Clientes <sup>c</sup>	67,075	23,82%	48,467	17,21%	39,116	13,89%	26,780	9,51%	7,988	2,84%
Depósitos de Clientes <sup>c</sup>	57,856	27,56%	32,718	15,57%	31,179	14,85%	18,140	8,64%	9,884	4,71%

Nota: <sup>a</sup> - Quota de mercado relativamente ao conjunto do sistema bancário português; <sup>b</sup> - referente apenas à atividade doméstica; <sup>c</sup> - valores em biliões de euros.

Em 2011, apesar do aprofundamento do clima recessivo na economia portuguesa e das condições adversas no mercado bancário, o SICAM registou um resultado positivo de 53,3 milhões de euros, superior em 46,8% ao registado em 2010, colocando-o entre os poucos bancos com resultados positivos na atividade bancária e o único cujos lucros cresceram, apresentando o 2º mais elevado nível de resultados do sector [4]. Embora como instituições cooperativas, as CCAM não tenham o lucro como razão central da sua atividade, a realização de resultados positivos é fundamental para o reforço do capital e solidez financeira, dando segurança acrescida aos seus *stakeholders*, e fortalecendo a sua capacidade de apoiar o desenvolvimento das comunidades em que se integram. Destaca-se também o valor dos depósitos de clientes, dado o clima concorrencial exacerbado que se tem sentido, com as outras instituições de crédito a oferecerem taxas de juro demasiado elevadas [5]. De facto, o valor dos depósitos continua num nível bastante acima do crédito a clientes, deixando o SICAM com uma posição de forte liquidez, o que lhe dá uma sólida reserva de segurança, crucial na atual conjuntura. Porém, a defesa da base de depósitos apresenta-se como um imperativo para o Crédito Agrícola, pois dela depende a manutenção da atual posição de liquidez, um dos seus pontos fortes. A Tabela 2 mostra a robustez do SICAM.

<sup>1</sup> A adesão ao SICAM é voluntária, existindo 5 CCAM a operar fora dele: Leiria, Mafra, Bombarral, Chamusca e Torres Vedras.

Tabela 2 – Posição do Crédito Agrícola, em Dezembro de 2011 [6][7][8][9]

Indicadores de desempenho	Sector bancário	SICAM	
		Valor	Ranking
Rácio de Transformação <sup>a</sup>	134%	86,9%	1º
Rácio de Eficiência <sup>b</sup>	61,6%	64,6%	
Rendibilidade dos Activos (ROA) <sup>c</sup>	-0,20%	0,41%	2º
Rendibilidade dos Capitais Próprios (ROE) <sup>d</sup>	-4,69%	5,04%	
Rácio de Solvabilidade ( <i>Core Tier 1</i> ) <sup>e</sup>	8,7%	12,5%	
Reclamações de Clientes:			
Depósitos: reclamações por 1000 contas de depósito	0,18	0,07	1º
Crédito à habitação: reclamações por 1000 contractos	0,87	0,38	1º
Cheques: reclamações por 10 mil cheques processados	0,17	0,06	1º

Notas: <sup>a</sup> - Crédito sobre Clientes / Depósitos; <sup>b</sup> - Custos Estruturais / Produto Bancário [custos estruturais incluem amortizações + despesas administrativas gerais + custos com pessoal; Produto bancário inclui margem financeira + comissões líquidas e outros rendimentos (incluindo os resultados de operações financeiras)]; <sup>c</sup> - Resultado líquido / Activos Líquidos Médios; <sup>d</sup> - Resultado Líquido / Capital Próprio; <sup>e</sup> - Fundos Próprios de Base / Riscos Ponderados (ativos + *off-balance-sheet* itens).

O SICAM apresenta o menor rácio de transformação de recursos em crédito a clientes da banca nacional, permanecendo este indicador a um nível claramente conservador. Historicamente, o SICAM nunca apresentou um valor superior a 90%, valor muito inferior à generalidade dos outros bancos, pelo que dispõe de uma apreciável margem de segurança em matéria de liquidez. Já satisfaz assim, com ampla margem, os dois principais parâmetros definidos no programa de ajustamento das instituições financeiras<sup>2</sup>: o rácio *Core Tier 1* e o rácio de transformação. Com os demais bancos portugueses de maior relevância no nosso sistema financeiro iniciar um imperativo e exigente programa de ajustamento, recorrendo alguns deles à ajuda estatal para se recapitalizarem, o SICAM dispõe, pela sua situação confortável nos indicadores referidos, de uma assinalável vantagem estratégica, dispondo de uma almofada de liquidez e nível de solvabilidade que lhe permitem continuar a desenvolver a atividade creditícia sem constrangimentos de balanço. O rácio de eficiência reflete os esforços de eficiência-custo das CCAM e sua capacidade em explorar economias de escala e de gama. Os esforços do SICAM para controlar o aumento dos custos estruturais abaixo do produto bancário têm sido dificultados pelas difíceis condições de funcionamento e especialmente pela deterioração da margem financeira, resultante da política de juros baixos adotada pelo BCE. Apesar deste contexto, o SICAM apresenta, em 2011, uma evolução positiva dos custos de estrutura, que conjugada com a recuperação no produto bancário, permitiu a redução do rácio de eficiência do SICAM para 64,6% (contra os 67,2% em 2010) embora ainda superior aos 55,5% de 2008, anteriores à crise. Assim, embora a taxa de retorno seja modesta (ROA: 0,4% e ROE: 5%, abaixo dos 1,1% e 13,08%, de 2008); considerando a presente conjuntura e o desempenho do resto do sector, tal evolução é excelente. O modelo de negócio cooperativo base das CCAM, com sua robusta capitalização e ampla liquidez tem mostrado ser resiliente durante tempos difíceis. Os seus modestos mas constantes resultados permitiram-lhes, ao longo das últimas décadas, reforçar a sua situação financeira, que é hoje bastante robusta. Dada a natureza cooperativa das CCAM, os lucros destinam-se essencialmente ao reforço do capital, refletindo-se este reforço contínuo num rácio de solvabilidade *Core Tier 1* de 12,5%, o mais elevado do sector e muito superior aos 9% impostos pela *Troika*. Também, a abordagem de modelo de negócios das CCAM se reflete na qualidade dos seus serviços, como o menor nível de reclamações de clientes do sector prova. A *receita* reside na sua melhor compreensão da proximidade como fator de sucesso na atividade bancária, apoiado por uma extensa rede de balcões e pontos de contato com os clientes. Um modelo considerado por muitos, antes da atual crise, como "obsoleto" e que o presente provou estarem errados!

## 2.2 Desenvolvimento regional

As cooperativas de crédito contribuem para a inclusão nos circuitos financeiros de determinados públicos que têm dificuldades de acesso aos mesmos. Esta inclusão é feita, quer a nível social, servindo os estratos sociais mais baixos [10], quer a nível territorial, ao estarem presentes em zonas economicamente desfavorecidas. A banca de proximidade assume uma função de inclusão ainda mais significativa se consideramos que os estratos

<sup>2</sup> No acordo com a *Troika*, contempla-se o reforço do rácio de capital *Core Tier 1* para 9% até Junho de 2011 e 10% até ao final de 2012, e a descida para 120% do rácio de transformação de depósitos em crédito a partir de 2014, o que constitui um desafio complexo, dado que em Dezembro de 2011, o sistema bancário nacional apresentava valores para os rácios referidos bastante distintos do acordado: *Core Tier 1* (7,8%) e de transformação (134%).

sociais mais baixos são também aqueles que menos utilizam os serviços bancários mais “modernos” (banca automática, Internet *banking*, etc.) e são os menos conhecedores das práticas bancárias [11]. A importância real das CCAM está assim enraizada na sua abordagem de negócios única, notável pela sua proximidade às comunidades em que estão inseridas, sendo uma força impulsionadora do desenvolvimento local e regional, no cumprimento da sua missão corporativa de “... contribuir para o desenvolvimento das comunidades locais” [12]. Presentes em quase todo o território nacional<sup>3</sup>, a quota de mercado das CCAM, a nível nacional, excetuando os grandes centros de Lisboa e Porto, é bastante importante, perfazendo a sua rede, em alguns distritos, mais de 30% da rede bancária distrital (ver Fig. 1), sendo mesmo superior em alguns concelhos.

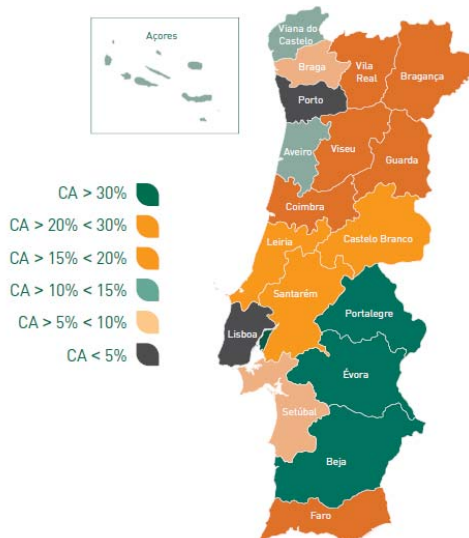


Figura 1 – Quota de mercado local do Crédito Agrícola [13]

Também, em termos de distribuição geográfica (Fig. 2) o SICAM é muito diferente de outros bancos, dado que mais de metade dos seus clientes (53,3%) vive nas regiões do interior do país. A distribuição entre as regiões significa que o Crédito Agrícola está presente em muitos lugares onde a força econômica tem escasseado. Assim, uma proporção muito elevada dos clientes (mais de 90%) tem rendimento baixo ou moderado [14].

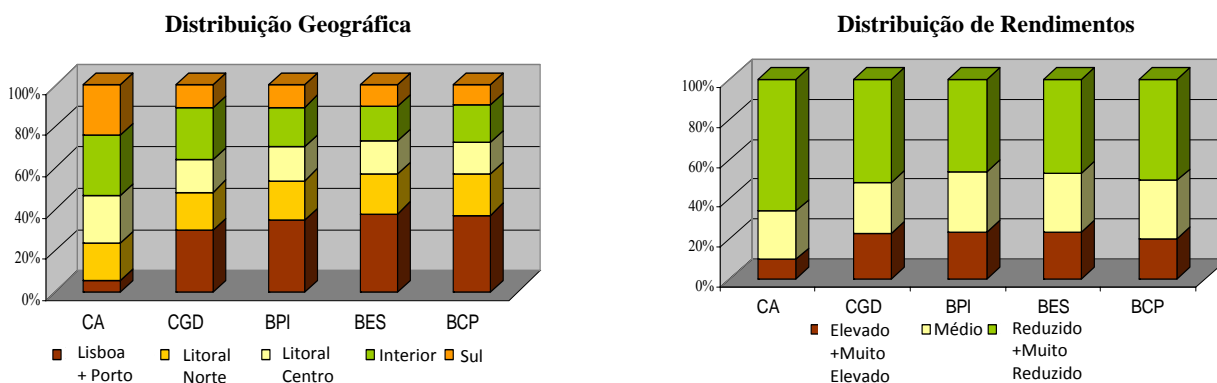


Figura 3 – Perfil dos clientes dos maiores bancos comerciais portugueses [15]

### 3 A insolvência das CCAM

Quando SICAM foi criado, em 1992, integrava 211 CCAM. Um estudo do SICAM desse período concluiu que para gerar retornos consistentes, uma CCAM típica deveria ter um volume de depósitos superior a 70 milhões

<sup>3</sup> O conjunto das CCAM (pertencentes e não ao SICAM) cobre a quase totalidade dos 278 concelhos de Portugal continental, ficando de fora apenas 5 concelhos, apenas 1 deles com menos de 2.000 habitantes, 2 com menos de 10.000 habitantes e outros 2 pertencentes à área metropolitana de Lisboa.

euros, um valor não alcançado por 96.6% das CCAM [17]. Apesar destas circunstâncias, apenas algumas CCAM faliram e hoje em dia, como já referido, o SICAM tem uma posição importante no sistema bancário Português, sendo uma das entidades mais robustas da banca nacional. Estes resultados derivam sobretudo de dois fatores: o intenso processo de reestruturação iniciado na década de 1990 e ainda a decorrer no SICAM e a estrutura de governação e mecanismos de controlo do SICAM. Na época, as restrições ao crescimento interno impostas pela natureza das CCAM e a falta de tempo e financiamento, levou os responsáveis do SICAM a optar por um intenso processo de fusão e reestruturação, apoiado financeiramente pelo Fundo de Garantia do Crédito Agrícola Mútuo (FGCAM). Este processo foi tão intenso que, em dez anos, os ativos médios das CCAM quadruplicaram e, em 2011, o número de CCAM estava reduzido a 84. Esta estratégia não só "salvou" as CCAM com desequilíbrios financeiros da falência como as dotou das condições operacionais necessárias para atuarem com sucesso num sistema bancário cada vez mais competitivo.

O SICAM estabelece um regime de co-responsabilidade entre a Caixa Central e as suas Associadas. A Caixa Central garante as suas Associadas sem restrições e é garantida por aquelas. O SICAM é, desta forma, subordinado a uma dupla tutela. Ademais, quando uma CCAM entra em dificuldades, a Caixa Central tem interesse em protegê-la da falência porque é importante manter em alta a reputação do sistema e a confiança dos seus diversos *stakeholders*. No SICAM o controlo da gestão é muitas vezes exercido pela Caixa Central, cujo papel é orientar e supervisionar, e, por conseguinte, é muitas vezes a primeira a detetar falhas gerenciais. Em caso de gestão grosseira ou fraude, os administradores da CCAM podem ser formalmente exonerados pela Caixa Central, sob seus poderes de supervisão e de intervenção. De fato, a Caixa Central tem poderes para intervir administração das suas Associadas, através da nomeação de um delegado para acompanhar a sua gestão ou da nomeação de diretores provisórios sempre que se verifique uma situação de desequilíbrio que, pela sua extensão ou continuidade, possa comprometer o regular funcionamento da CCAM, a sua solvabilidade esteja em risco ou se verifique a ocorrência de irregularidades graves. Ineficiências que perdurem por períodos alargados são muitas vezes resolvidas através de fusões com outra (mais eficiente) CCAM. Também, o FGCAM, além de assegurar os depósitos das CCAM, tem como função promover a liquidez e solvabilidade do SICAM e, portanto, desempenha um papel crucial no processo de reestruturação económico-financeira do mesmo, facultando apoio financeiro sob a forma de empréstimos subordinados. As operações de resgate do FGCAM são, por regra, condicionadas a processos de reestruturação que inclui a fusão com outra CCAM.

### 3.1 Amostra, modelo e variáveis

A amostra inclui as CCAM associadas do SICAM, no período entre 1995-2009 (1827 observações). A informação financeira foi obtida através dos Relatórios e Contas anuais e a informação não-financeira (fusões e incorporações de CCAM, intervenções da Caixa Central e outras) através do "Diário da República", *site* do Ministério da Justiça, Relatórios e Contas anuais e outras declarações oficiais do Crédito Agrícola publicadas durante o período em estudo. A amostra foi dividida em dois grupos: o grupo1 tem 1315 observações e é composto por CCAM solventes, ou seja, aquelas que não se tornaram insolventes durante o período do estudo e o grupo2, com 512 observações, contém as CCAM insolventes, no período do estudo.

Quanto ao modelo, estimou-se um modelo geral de insolvência de CCAM:

$$Insolvência_{it}^* = \beta_i' X_{it} + u_{it}$$

sendo:  $Insolvência_{it} = 1$  se  $Insolvência_{it}^* \geq 0$ ;  $Insolvência_{it} = 0$  caso contrário

A variável dependente,  $Insolvência_{it}$ , assume o valor 1 caso se verifique a insolvência; caso contrário, assumirá o valor 0. Como variáveis explicativas ( $X_{it}$ ) capazes de prever a insolvência das CCAM foram usados rácios financeiros e operacionais. Metodologicamente foi adotado um processo de duas etapas: 1º os dados de 1995-2010 foram usados para classificar as CCAM por *status*: CCAM solventes e insolventes; 2º criaram-se rácios financeiros com os dados anteriores de 1994-2009, sendo depois usados para prever a insolvência das CCAM. Como já referido, não é habitual ocorrer a falência de uma CCAM, de facto entre 1995-2009, apenas faliram 5 CCAM. Mas a análise dos balanços individuais de 1995 mostra que quase 30% das CCAM apresentava uma situação líquida negativa e 20% mais apresentava graves desequilíbrios financeiros, estando em reestruturação. Ou seja, 1/2 das CCAM embora ainda em atividade estavam insolventes e sem o suporte do SICAM certamente faliriam. De facto, apenas uma das 5 CCAM falidas pertencia às insolventes de 1995. Deste modo foi

necessário refinar a definição de "insolvência" para melhor ilustrar o caso das CCAM através da adoção de uma interpretação multidimensional de insolvência em que uma CCAM é classificada como insolvente quando, num determinado ano, preenche pelo menos um dos seguintes critérios: (a) apresenta uma situação líquida negativa; (b) sofreu uma intervenção da Caixa Central ou uma operação de reestruturação do FGCAM; (c) foi incorporada em (ou fundida com) outra CCAM; ou (d) declarou falência, por qualquer motivo.

Como variáveis explicativas (Tabela 3) é usado um conjunto de rácios financeiros criado a partir de dados contabilísticos, no período entre 1994-2009. A escolha destas variáveis foi limitada pela informação disponível e baseou-se em anteriores estudos dos autores e numa revisão da literatura sobre insolvência.

Tabela 3 – Definição das variáveis explicativas e sinais esperados para os seus coeficientes

Grupo 1 – Eficiência Operacional e Crescimento		Grupo 2 – Alavancagem e Liquidez	
Rácio da Função de Intermediação = $\frac{\text{Margem Financeira}}{\text{Resultado Líquido}}$	+	Liquidez = $\frac{\text{Meios Monetários noutras Intituições de Crédito}}{\text{Total das Exigibilidades}}$	-/+
Rácio de Transformação = $\frac{\text{Crédito sobre Clientes}}{\text{Recursos de Clientes}}$	-/+	Cash Flow = $\frac{\text{Resultado Líquido} + \text{Amortizações} + \text{Provisões}}{\text{Total dos Activos}}$	-
Crédito Vencido = $\frac{\text{Crédito Vencido}}{\text{Crédito Total}}$	+	Endividamento = $\frac{\text{Total do Passivo}}{\text{Total dos Activos}}$	+
Crescimento do Crédito = $\frac{\text{Crédito no período } t}{\text{Crédito no período } t-1} - 1$	-	Debt to Equity ratio = $\frac{\text{Total das Exigibilidades}}{\text{Situação Líquida}}$	+
Crescimento dos Recursos de Clientes = $\frac{\text{Depósitos de Clientes no período } t}{\text{Depósitos de Clientes no período } t-1} - 1$	-		
Grupo 3- Eficiência Custo		Grupo 4 – Rendibilidade	
Rácio Custos/Proveitos = $\frac{\text{Total de Despesas}}{\text{Total de Receitas}}$	+	Rendibilidade dos Activos = $\frac{\text{Resultado Líquido}}{\text{Total dos Activos}}$	-
Custos com Pessoal = $\frac{\text{Remunerações e Outras Despesas}}{\text{Margem Financeira}}$	+	Rendibilidade do Capital Social = $\frac{\text{Resultado Líquido}}{\text{Capital Social}}$	-
Custos Estruturais = $\frac{\text{Despesas Administrativas}}{\text{Margem Financeira}}$	+	Margem Financeira = $\frac{\text{Margem Financeira}}{\text{Total dos Activos}}$	-/+

A intermediação é o negócio central da atividade bancária e para as CCAM tal é especialmente verdade dada a especificidade do seu regime jurídico. A dupla especialização das CCAM (em clientes e produtos oferecidos) é uma restrição grave no presente contexto português, com o êxodo rural em curso, a população concentrada nas áreas urbanas costeiras e agricultura em declínio. Assim, apesar dos esforços das CCAM para diversificar o seu produto bancário, favorecendo uma estratégia de *cross-selling* de seguros e produtos de investimento, a margem financeira é ainda a principal fonte de receitas das CCAM. E embora há 10 anos atrás a sua contribuição para o produto bancário ascendesse a cerca de 90%, estando hoje reduzida a 75%, está ainda 15 pontos acima da verificada no sector. Por este motivo, foi dado um cuidado especial à atividade de gestão do crédito e à função de intermediação. O rácio da função de intermediação mede a importância da margem financeira para os resultados das CCAM, uma CCAM menos dependente desta fonte de rendimento reduz o risco pela diversificação. Além disso, o atual declínio dos *spreads* reduziu os ganhos das CCAM. Os rácios de transformação e de crédito vencido visam refletir a política de gestão de risco do crédito. As CCAM são instituições de poupança com uma política de crédito conservadora. Esta estratégia apesar de sacrificar, no curto prazo, os ganhos potenciais revelou-se ser correta, a longo prazo, como ilustrado pela atual crise. Um rácio de transformação elevado maximiza os rendimentos da CCAM mas pode coloca-la numa situação vulnerável, enfrentado problemas de crédito mal parado e liquidez, especialmente em períodos de recessão económica, quando as famílias enfrentam mais dificuldades para cumprir os seus empréstimos e com intensa concorrência interbancária por fundos, como na atual crise. Assim, uma política agressiva de concessão de crédito é uma estratégia de risco - retorno elevado. Um profundo conhecimento das condições de mercado e dos clientes, com base no conceito de banca de proximidade é essencial para ter sucesso ao adotar esta estratégia.

Portanto, a influência do rácio de transformação sob a probabilidade de insolvência de uma CCAM é imprevisível. O crédito vencido deverá ter uma influência positiva. Os rácios de crescimento do crédito e de recursos de clientes são indicadores da força competitiva e quota de mercado das CCAM e devem apresentar uma influência negativa. A banca é uma atividade altamente exigente, onde a eficiência custo é crucial para o sucesso pelo que um nível de despesa excessivo resultará em dificuldades operacionais. Os rácios custos/proveitos, custos com o pessoal e custos estruturais são indicadores da eficiência custo da CCAM, da sua capacidade em explorar economias de escala e racionalizar despesas, particularmente, de gestão e estruturas organizacionais, deverão, portanto, influenciar positivamente a probabilidade de insolvência de uma CCAM. Os rácios de endividamento e *Debt to Equity ratio* são medidas do nível de capitalização e alavancagem das CCAM. O capital próprio é a fonte de financiamento mais barata da CCAM, dada a sua natureza sem fins lucrativos, pelo que se espera um sinal positivo associado a estas variáveis. O indicador de liquidez reflete os meios disponíveis para a CCAM responder a dívidas de curto prazo. Falta de liquidez indica que a CCAM pode sentir dificuldades no desenrolar da atividade. Por outro lado, o seu regime jurídico limita, na prática, as aplicações financeiras das CCAM a depósitos noutras instituições de crédito. Assim, contrariamente a outros bancos, para as CCAM o excesso de liquidez pode ser um problema real, particularmente no momento presente, com o impacto da política monetária do BCE a afetar a rentabilidade das reservas de liquidez do SICAM. Logo, a influência da liquidez sobre a probabilidade de insolvência de uma CCAM é imprevisível. Por fim, espera-se que os rácios de rendibilidade apresentem uma influência negativa sobre a probabilidade de insolvência. Apesar de o lucro não ser o principal móbil da atividade das CCAM é necessário para a sua sobrevivência, dependendo esta da sua capacidade de gerar retornos capazes de satisfazer as suas necessidades de capital. Porém, se as CCAM insolventes sofrerem de uma maior especialização de rendimentos que as CCAM solventes, a margem financeira pode apresentar uma influência positiva sobre a probabilidade de insolvência de uma CCAM.

### 3.2 Resultados

Para determinar quais das variáveis explicativas são os melhores preditores da insolência das CCAM, foi aplicado um processo *stepwise*, combinando eliminação *forward* e *backward*. O *stepwise* seleciona entre as variáveis explicativas as que mais contribuíram para a insolvência das CCAM, no período em estudo, e calcula a probabilidade de insolvência de cada CCAM. Se essa probabilidade for superior a 0,5 o modelo classifica-a como insolvente, caso contrário, como solvente. Quando se compara essa classificação com o *status* observado das CCAM dois tipos de erro podem ocorrer: erro tipo I - o modelo classifica como solvente uma CCAM que se tornou insolvente durante o período analisado; erro tipo II - o modelo classifica como insolvente uma CCAM solvente. Quanto maior a precisão do modelo, maior a sua eficiência. Para melhor avaliar a precisão dos modelos, a amostra foi dividida e 70% das CCAM insolventes foram aleatoriamente selecionadas e usadas para a estimação dos modelos; as restantes CCAM foram usadas para validar os resultados. A variável Total dos Ativos foi adicionada em ambos os modelos como variável de controlo da dimensão das CCAM.

#### 3.2.1 Modelo de regressão logística (Logit)

O *Logit* selecionou apenas 6 variáveis explicativas, tendo todos os coeficientes os sinais esperados (Tabela 4).

Tabela 4 – Coeficientes e níveis de significância apresentados pelo modelo *Logit*

Variável	$\beta$	Desvio Padrão	Nível de Significância
Constante	-33,408	2,459	0,000
Crescimento dos Recursos de Clientes	-3,976	1,178	0,001
Crédito Vencido	4,228	1,471	0,004
Rácio Custos/Proveitos	2,127	0,453	0,000
Custos Estruturais	1,444	0,591	0,015
Endividamento	30,536	2,568	0,000
Margem Financeira	26,474	3,718	0,000

O modelo mostra que a insolvência de uma CCAM é mais provável quando esta apresenta um acréscimo no crédito vencido. Também o sinal positivo dos rácios custos/proveitos e custos estruturais implica que uma melhoria na eficiência custo está relacionada com uma diminuição da probabilidade de insolvência. Outro fator determinante da insolvência é o endividamento, cujo coeficiente positivo atesta a importância dos fundos próprios das CCAM para garantir a sua autonomia financeira. Especialistas em finanças sugerem que uma

empresa pode aumentar a sua alavancagem através do recurso ao capital alheio, diminuindo a necessidade de capital social, pelo que quaisquer lucros ou perdas são distribuídos por uma base menor, sendo assim proporcionalmente maiores. Líderes de CCAM com dificuldades em aumentar o capital preferem muitas vezes lidar com um credor externo ao invés de implementar estratégias de incremento das participações dos sócios. Esta política tem elevados custos financeiros, diminuindo os retornos da CCAM e, a longo prazo, compromete a sua sobrevivência. Finalmente, o sinal positivo do coeficiente associado à margem financeira confirma a hipótese de que uma maior concentração de fontes de rendimento aumenta a probabilidade de insolvência

O grau de precisão na classificação do modelo é indicador da qualidade do desempenho do mesmo. Um bom modelo deve identificar corretamente uma elevada percentagem de CCAM. Globalmente, 88% das CCAM selecionadas para a estimação do modelo e 87,6% das CCAM não selecionadas, foram corretamente classificadas pelo *Logit* (Tabela 5). Este resultado sugere que o modelo está correto cerca de 7 em cada 8 vezes.

Tabela 5 – Classificação das CCAM pelo modelo *Logit*

Observação		Previsão					
		CCAM selecionadas		Percentagem	CCAM não selecionadas		Percentagem
		Insolvência			Insolvência		
		Não	Sim	Não	Sim		
Insolvência	Não	912	32	96,6	357	14	96,2
	Sim	125	238	65,6	50	97	66,0
	Percentagem global			88,0			87,6

Como referido, o erro de tipo I ocorre quando o modelo classifica como solvente uma CCAM que se tornou insolvente durante o período analisado. O modelo *Logit* classifica erradamente aproximadamente 1/3 das CCAM insolventes. O fracasso para sinalizar uma CCAM potencialmente insolvente deixa-a de fora do “radar” e não serão adotadas medidas de correção para evitar a sua falência pelo que é um erro que pode por em causa a validade do modelo como sistema de alerta prévio. O erro tipo II ocorre quando o modelo classifica como insolvente uma CCAM solvente e resulta numa incorreta atribuição de recursos para auxiliar uma CCAM que não carece deles. Globalmente, o modelo incorre neste erro em menos de 4% dos casos.

### 3.2.2 Modelo de análise discriminante múltipla (MAD)

O modelo MAD selecionou 2 variáveis explicativas adicionais, como reportado, na Tabela 6.

Tabela 6 – Coeficientes da função de classificação do modelo MAD

	Insolvência	
	Não	Sim
Constante	-2,835	-31,421
Crescimento dos Recursos de Clientes	8,447	7,016
Rácio de Transformação	35,550	33,724
Crédito Vencido	-13,881	-2,789
Rácio Custos/Proveitos	5,787	6,915
Custos Estruturais	1,120	1,307
Liquidez	4,491	3,594
Endividamento	19,832	22,902
Margem Financeira	47,139	63,077

Os resultados são similares aos do modelo *Logit*. As variáveis adicionais selecionadas: rácio de transformação e liquidez, apresentam uma influência positiva sobre a probabilidade de insolvência. O coeficiente associado ao rácio de transformação é menor para a função Sim, o que indica que uma CCAM com uma política de crédito mais agressiva é menos propensa à insolvência. Esta é uma estratégia menos risco adversa, não usual no crédito cooperativo e, assim, este resultado é um pouco surpreendente. O coeficiente associado à liquidez indica igualmente que uma CCAM com maior liquidez é menos propensa à insolvência. Apesar das opções de retorno reduzido disponíveis para as CCAM para aplicação dos excedentes de liquidez; o modelo MAD sugere que mais ainda é melhor no caso de liquidez. Resumindo, as CCAM insolventes detêm elevados níveis de crédito

vencido, reduzidas taxas de crescimento dos recursos de clientes e baixa capacidade de conversão dos depósitos em crédito; são custo ineficientes, com uma elevada relação entre despesas e receitas geradas e pesados custos estruturais. Além disso, experimentam estrangulamentos de liquidez; uma pesada dependência de capital alheio para financiar as suas operações e um baixo nível de diversificação de receitas.

Na fase de validação (Tabela 7), verifica-se que o MAD classifica corretamente 81% das CCAM: 80,7% das selecionadas e 81,5% das não selecionadas; desempenho inferior ao do modelo Logit. O erro de tipo I é um também inflacionado por este modelo, que classifica incorretamente quase 2/5 das CCAM insolventes.

Tabela 7 – Classificação das CCAM pelo modelo MAD

Observação		Previsão					
		CCAM selecionadas		Percentagem	CCAM selecionadas		Percentagem
		Insolvência			Insolvência		
		Não	Não	Não	Não		
Insolvência	Sim	842	102	89,2	330	41	89,9
	Não	150	213	58,7	55	92	62,6
	Percentagem global			80,7			81,5

#### 4 Conclusões

Os modelos de previsão de insolvência de CCAM apresentados identificaram como determinantes da insolvência de CCAM: o crescimento dos recursos de clientes, o rácio de transformação, o crédito vencido, o rácio custos/proveitos, os custos estruturais, a liquidez, o endividamento e a margem financeira. Estes resultados requerem que as CCAM tomarem medidas para impulsionar o negócio, escorar a margem financeira e a base de depósitos, aumentar a margem complementar e melhorar os processos de recuperação de crédito. Além disso, é necessário aumentar a eficiência custos, através da racionalização de estruturas e redução de custos operacionais. Globalmente os modelos Logit e MAD têm um bom desempenho na identificação das CCAM solventes mas inferior na classificação de CCAM insolventes. É necessário investigação adicional para encontrar outro preditor capaz de explicar o evento de insolvência das CCAM, nomeadamente, o refinamento da regra adotada para a classificação das CCAM, através da análise individual dos eventos de fusão/incorporação, evitando assim os erros de classificação incorreta dos modelos, bem como a adoção de outros modelos de previsão, como o modelo de riscos proporcionais de Cox ou as redes neurais.

#### Referências

- [1] Cabo, P. & J. Rebelo. 2005. Why do Agricultural Credit Co-operatives Merge? The Portuguese Experience. *Annals of Public and Co-operative Economics*, 76 (3): 491-516.
- [2] Crédito Agrícola. 2012. *Annual Report and Consolidated Accounts 2011*. Crédito Agrícola.
- [3] APB. 2012. *Boletim Estatístico 201*. Nº 47, Julho 2012. Associação Portuguesa de Bancos
- [4] Crédito Agrícola. 2012. *Annual Report and Consolidated Accounts 2011*. Crédito Agrícola.
- [5] Jornal Público. 2012. *O Crédito Agrícola Apresenta Resultados de 2011*. 23 Fevereiro 2012.
- [6] Crédito Agrícola. 2012. *Annual Report and Consolidated Accounts 2011*. Crédito Agrícola.
- [7] Banco de Portugal. 2012. *Relatório de Supervisão Comportamental 2011*. Abril 2012. Banco de Portugal
- [8] Banco de Portugal. 2012. *Boletim Estatístico*. Janeiro 2012. Banco de Portugal.
- [9] APB. 2012. *X Fórum da Banca*. Associação Portuguesa de Bancos.
- [10] Palomo, R., & C. Valor. 2001. *Banca Cooperativa. Entrono financiero y proyección social*. Unión Nacional de Cooperativas de Crédito, Madrid.
- [11] Chaves, R. & F. Soler. 2004. *El Gobierno de las Cooperativas de Crédito en España*. CIRIEC-España.
- [12] Crédito Agrícola. 2011. *Sustainability Report 2010*. Crédito Agrícola.
- [13] Crédito Agrícola. 2011. *Sustainability Report 2010*. Crédito Agrícola.
- [14] Crédito Agrícola. 2009. *Sustainability Report 2008*. Crédito Agrícola.
- [15] Crédito Agrícola. 2009. *Sustainability Report 2008*. Crédito Agrícola.
- [16] Rebelo, J. & V. Mendes. 1996. As Caixas de Crédito Agrícola Mútuo na Primeira Metade dos Anos Noventa. *Economia e Sociologia*, 62, Évora: 93-135.
- [17] Cabo, P. 2003. *As Fusões no Sistema Integrado de Crédito Agrícola Mútuo*. Universidade do Minho.

## Compostagem de espécies invasoras

Luis Miguel Brito  
Centro de Investigação de Montanha  
Instituto Politécnico de Viana do Castelo  
Escola Superior Agrária, Refóios, 4990-706 Ponte de Lima  
miguelbrito@esa.ipvc.pt

*Resumo* – Neste Projeto I&DT Empresas em Co-Promoção (QREN/COMPETE) N° 13584\_CEI “Compostagem de espécies invasoras” explora-se uma alternativa inovadora para a valorização de resíduos florestais específicos, em particular de plantas invasoras lenhosas, através da compostagem, para produção de novos corretivos orgânicos e substratos mais competitivos. Com este objetivo construíram-se pilhas comerciais com detritos de acácia e diferente número de revolvimentos, para analisar as características físico-químicas durante a compostagem e modelar a decomposição da matéria orgânica (MO). Devido à elevada quantidade de MO biodegradável deste material (753-756 g kg<sup>-1</sup> de MO inicial), as temperaturas foram superiores a 65°C durante um período de tempo suficiente para a inativação de microrganismos patogénicos e a destruição de sementes de infestantes. A elevada temperatura e o elevado pH terão contribuído para as fortes perdas de N (484-490 g kg<sup>-1</sup> de N inicial). No entanto, estas foram inferiores às perdas de C, e assim a razão C/N diminuiu de 50 no início, para 23-26 no final de compostagem. Este estudo indicou que os detritos de acácia podem ser compostados para produzir corretivos orgânicos, sendo necessário um longo período de compostagem para atingir um elevado grau de maturação do composto. Os compostos serão, no âmbito deste projeto, ensaiados como substitutos parciais do composto de casca de pinheiro utilizado, frequentemente, na formulação de substratos.

*Palavras-chave:* Acácia, azoto, matéria orgânica, mineralização, razão C/N, temperatura, substrato

### 1 Introdução

Com este Projeto I&DT Empresas em Co-Promoção (QREN/COMPETE) N° 13584\_CEI “Compostagem de espécies invasoras” do Programa Operacional Temático Fatores de Competitividade - Pólo de Competitividade e Tecnologia das Indústrias de Base Florestal, apoiado pelo FEDER no âmbito do Quadro de Referência Estratégico Nacional 2007-2013, promovido pela empresa Leal & Soares SA com a co-promoção do Instituto Politécnico de Viana do Castelo e da Universidade de Coimbra, 2010-2013, pretende-se explorar uma alternativa inovadora e promissora para a valorização de resíduos florestais específicos, em particular de plantas invasoras lenhosas, através da compostagem, com fins agronómicos e ambientais. A partir do desenvolvimento e otimização deste processo intenta-se desenvolver novos corretivos orgânicos e substratos mais competitivos que correspondam às futuras exigências de mercado.

A Leal & Soares com esta parceria pretende associar o seu conhecimento produtivo e tecnológico ao conhecimento científico de várias áreas do saber, no sentido de desenvolver um processo/técnica de compostagem para uma matéria-prima totalmente inexplorada para utilização em substratos. Desta forma, o promotor em parceria com instituições científicas propõe-se a desenvolver novas técnicas e processos de valorização de resíduos florestais, designadamente de arbustos de acácias (espécies altamente competitivas, capazes de invadir o território das espécies nativas e de ameaçar a conservação dos habitats naturais), face ao contexto atual da fileira florestal onde se verifica escassez de matéria-prima, bem como desenvolver substratos que possam incluir menores quantidades de outros materiais como a turfa ou a casca de pinheiro, e paralelamente contribuir para um maior conhecimento científico sobre o processo de invasão e gestão das espécies invasoras, sustentando assim as melhores soluções para a reabilitação das áreas florestais invadidas e degradadas. Com este projeto pretende-se, assim, contribuir para a sustentabilidade de sistemas agroflorestais, e diminuir o alastramento de incêndios provocado pela invasão de espécies vegetais lenhosas no espaço rural.

*Acacia longifolia* (Andrews) Willd. e *Acacia melanoxylon* R. Br. são espécies da família Fabaceae, que foram introduzidas em Portugal para evitar a erosão de solos arenosos das zonas costeiras devido à capacidade que possuem para assimilar azoto (N) biológico, sendo posteriormente divulgadas como arbustos ornamentais e

para produção de madeira. No entanto, para além de constituírem um elevado risco para o alastramento de incêndios, as acácias são espécies altamente competitivas e invadem o território rapidamente. Atualmente são necessárias novas formas de valorização para estes arbustos, tendo em conta a sua abundância em Portugal. A compostagem, para utilização do composto como substrato hortícola e como corretivo orgânico do solo, poderá ser uma das soluções. No entanto, as acácias poderão ter taxas de decomposição baixas devido aos seus teores relativamente elevados de lenhina, polifenóis e celulose [1,2]. Um elevado teor de lenhina (20%) em resíduos das acácias foi sugerido como estando relacionado com a dureza das folhas (filóides) e a proteção física da celulose [1]. Contudo, as acácias são Fabaceas e possuem um apreciável teor de N que contribui para o rápido ataque microbiano e consequente elevação da temperatura. A produção de calor no interior de uma pilha depende da velocidade a que os microrganismos crescem e atuam, e esta depende do teor de humidade, do arejamento, da razão C/N da biomassa e do sistema de compostagem utilizado [3]. Por outro lado, a dissipação do calor do interior da pilha depende da superfície específica das pilhas e portanto, da sua dimensão [4].

Apesar de se terem realizado alguns estudos sobre a decomposição da acácia no solo [1,5,6], o mesmo não se verifica para a compostagem de resíduos dos ramos e folhas de acácia. Neste estudo, construíram-se pilhas estáticas de grandes dimensões para analisar as características físico-químicas, a evolução da degradação da MO e das perdas de N, e o efeito do revolvimento das pilhas durante processo de compostagem da biomassa de acácia, com o objetivo de investigar se a compostagem destes arbustos, triturados e crivados, pode atingir temperaturas elevadas o tempo suficiente para destruir a viabilidade das sementes e produzir um composto com características benéficas para utilização como corretivo orgânico do solo e componente de substratos hortícolas.

## 2 Materiais e métodos

Construíram-se duas pilhas de compostagem ao ar livre, aproximadamente cónicas, com 80-100 m<sup>3</sup> de volume (8 m de diâmetro da base e 3 m de altura), constituídas por detritos resultantes de arbustos e ramagem de *Acacia longifolia* (60%) e *Acacia melanoxylon* (40%), recolhidas em Mira (40°25'N 8°44'W), com o objetivo de analisar as características físico-químicas durante o processo de compostagem com cinco revolvimentos (pilha A) e com apenas três revolvimentos (pilha B), durante um longo período de compostagem (420 dias). Os detritos foram triturados com uma trituradora de alta rotação com moinho tipo martelos (Doppstadt; AK 403 Profi), e posteriormente crivados (< 40 mm) com um crivo de estrelas amovível (Neuenhauser Super Screener Portable Star Screen). Os revolvimentos, realizados com uma grua florestal e uma pá frontal de um trator. A pilha A foi revolvida aos 28, 56, 84, 147, e 273 dias após o início da compostagem, enquanto a pilha B foi revolvida apenas aos 28, 147 e 273 dias de compostagem.

As temperaturas das pilhas (registadas próximo da base, do centro e do topo das pilhas, aproximadamente à altura de 0,5 m, 1,5 m e 2,5 m de altura, respetivamente), e a temperatura do ambiente exterior, foram determinadas com três termístores (tipo ST1, Delta-T Devices) em cada pilha, e dois no exterior, sendo os valores horários registados com base em leituras a cada minuto, através de um registador de dados (Delta-T Devices). Realizaram-se colheitas de quatro amostras por cada pilha, recolhidas independentemente, da zona central das pilhas, nos seguintes dias de compostagem: 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 56, 70, 84, 105, 126, 154, 182, 210, 231, 273, 308, 343, 378 e 420. As amostras foram analisadas individualmente.

Recorreram-se às normas europeias [7] para a determinação das seguintes características: humidade (EN 13040); pH (EN 13037); condutividade elétrica (EN 13038); MO (EN 13039); e N Kjeldahl modificado (EN 13654). Parte das amostras foram congeladas imediatamente após a colheita, para a determinação do azoto mineral, por espectrofotometria de absorção molecular, em autoanalisador de fluxo segmentado, após extração com KCl 2M (1/5). A concentração de carbono total, destinado ao cálculo da relação C/N, foi determinada pela fração entre a concentração da matéria orgânica e a constante 1,8 [8].

A mineralização da MO foi estimada com base nas perdas de MO (g kg<sup>-1</sup>) que foram calculadas pela seguinte fórmula [9]:

$$\text{Perdas de MO (g kg}^{-1}\text{)} = 1000 - 1000 [X_1 (1000 - X_2)] / [X_2 (1000 - X_1)] \quad [1]$$

em que  $X_1$  e  $X_2$  representam o teor de cinzas ( $\text{g kg}^{-1}$ ), respetivamente no início da compostagem e no fim de cada período de compostagem.

As perdas de massa foram calculadas pela fórmula [10]:

$$\text{Perdas de massa (g kg}^{-1}\text{)} = 1000 [1 - (X_1 / X_2)] \quad [2]$$

em que  $X_1$  e  $X_2$  representam o teor de cinzas ( $\text{g kg}^{-1}$ ), respetivamente no início da compostagem, e no fim de cada período de compostagem. As perdas de N foram calculadas pela fórmula [11]:

$$\text{Perdas de N (g kg}^{-1}\text{)} = 1000 - 1000 [X_1 N_2] / [X_2 N_1] \quad [3]$$

em que  $X_1$  e  $X_2$  representam o teor de cinzas ( $\text{g kg}^{-1}$ ), e  $N_1$  e  $N_2$  o teor de N, respetivamente no início da compostagem e no fim de cada período de compostagem.

A mineralização da MO foi estimada pelas perdas de MO utilizando uma função cinética de 1ª ordem, expressa pela seguinte equação:

$$MO_m = MO_0 (1 - e^{-kt}) \quad [4]$$

em que  $MO_m$  representa o teor de matéria orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$ ) mineralizada no tempo  $t$  (dias),  $MO_0$  representa o teor de MO potencialmente mineralizável ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e  $k$  representa a taxa de mineralização ( $\text{dia}^{-1}$ ).

Apesar dos resultados experimentais da mineralização da MO se terem ajustado bem ao modelo expresso na equação anterior em diversos estudos para diferentes materiais orgânicos [4,9,11,12,13], no presente estudo, devido ao facto dos resíduos de acácia possuírem um elevado teor de lenhina, polifenóis e celulose, e por isso, ser esperada a existência de um reservatório de MO dificilmente biodegradável considerou-se, também, outro modelo com dois reservatórios distintos de MO mineralizável com diferente resistência à mineralização:

$$MO_m = MO_1 (1 - e^{-k_1 t}) + MO_2 (1 - e^{-k_2 t}) \quad [5]$$

em que,  $MO_m$  representa a MO mineralizada no tempo  $t$  (dias),  $MO_1$  e  $MO_2$ , são reservatórios de MO mineralizável e  $k_1$  e  $k_2$  são as constantes de mineralização da MO desses reservatórios. Este modelo foi adaptado do modelo utilizado por [14] para ajustar os resultados da mineralização do N de compostados aplicados ao solo.

Os resultados das perdas de MO durante a compostagem foram ajustados às funções cinéticas pelo método do algoritmo de Levenberg-Marquardt, para minimizar as diferenças entre as somas dos quadrados dos valores observados e dos valores previstos da variável dependente. O mesmo procedimento de regressão não linear foi utilizado para ajustar as perdas de N em cada período de compostagem a equações semelhantes às anteriores, nas quais a MO foi substituída por N mineralizado e perdido durante a compostagem. Utilizou-se o teste da menor diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para a comparação entre as médias dos parâmetros químicos analisados nas pilhas experimentais, e recorreu-se ao programa SPSS v. 15.0. (SPSS Inc.) para a análise estatística de comparação entre médias e para a análise de regressão não-linear.

### 3 Resultados e discussão

Inicialmente, as temperaturas das pilhas de compostagem aumentaram até uma temperatura máxima de  $76^\circ\text{C}$ , encontrada no topo da pilha A (Fig. 1), indicando a rápida degradação de compostos imediatamente disponíveis, tais como açúcares, aminoácidos e proteínas. Nesta fase, os microrganismos termófilos degradam, também, gorduras, celulose, hemicelulose e alguma lenhina [15]. Vinte e oito dias após o início de compostagem, as pilhas foram revolvidas e humedecidas. Após a queda inicial, a temperatura subiu novamente de forma constante até valores termófilos ( $> 55^\circ\text{C}$ ) no prazo de 2-5 dias em ambas as pilhas, atingindo o pico ( $77^\circ\text{C}$ ) no topo da pilha A, duas semanas depois do revolvimento. Após o segundo revolvimento da pilha A, o tempo necessário para atingir temperaturas máximas aumentou em comparação com o primeiro revolvimento,

revelando um menor teor de MO facilmente biodegradável. No dia 147, depois de revolver ambas as pilhas, as temperaturas subiram mais rapidamente na pilha B onde se alcançaram temperaturas  $> 70^{\circ}\text{C}$  na parte superior da pilha, porque haveria mais MO facilmente biodegradável nas camadas exteriores da pilha B que foi menos revolvida. O mesmo se verificou após o revolvimento efetuado aos 273 dias de compostagem em que as temperaturas diminuíram progressivamente em ambas as pilhas.

As temperaturas no centro e no topo das pilhas foram geralmente superiores em comparação com a base das mesmas (Fig. 1), o que pode ser explicado pelo movimento do ar frio que entra pela base e ascende até ao topo das pilhas [16]. Contudo, o revolvimento das pilhas terá contribuído para que todo o material fosse sujeito às temperaturas termófilas por muito tempo. Deste modo, as condições de temperatura nas pilhas de acácia satisfizeram o requisito sanitário para os compostos [17], equivalente a  $55^{\circ}\text{C}$  durante  $\geq 15$  dias, já que as temperaturas foram mantidas entre  $65^{\circ}\text{C}$  e  $75^{\circ}\text{C}$  durante vários meses, indicando uma elevada quantidade de MO biodegradável. O tamanho das pilhas também contribuiu para a produção e retenção de calor, já que as perdas de calor diminuem com a diminuição da superfície específica das pilhas e consequentemente com o aumento do seu volume [18].

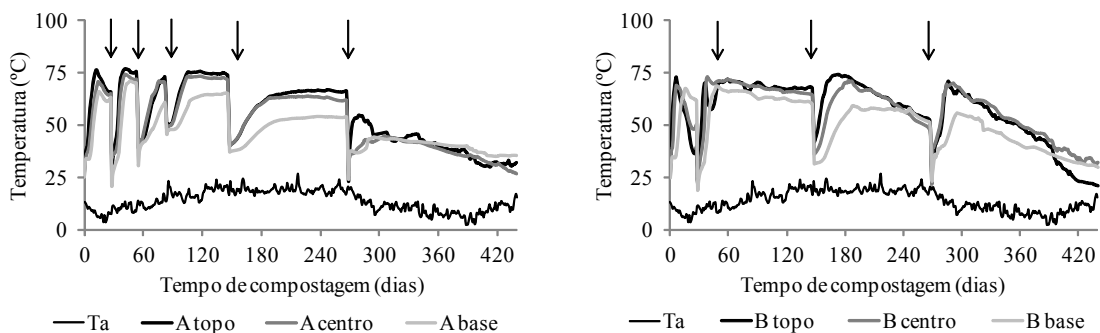


Fig. 1. Temperatura das pilhas de compostagem com (A) cinco e (B) três revolvimentos, e temperatura ambiente ( $T_a$ ). As setas indicam os momentos dos revolvimentos.

O teor inicial de humidade nas pilhas foi de 62% e a compostagem decorreu com uma humidade adequada para a atividade microbiana (Fig. 2), considerando que o nível de humidade mais favorável para a compostagem se situa entre 50 e 70% [19]. A evaporação da água foi compensada pela precipitação ocorrida (as pilhas ficaram destapadas durante a compostagem) e pela água produzida durante o processo de decomposição da MO. O elevado teor de humidade também terá contribuído para a manutenção das temperaturas elevadas nas pilhas de compostagem, porque a humidade favorece a acumulação do calor e a sua retenção na pilha [20].

Como consequência da degradação e mineralização de ácidos orgânicos e da produção de amónia, o pH aumentou no início do processo (Fig. 2). Posteriormente, o pH do material em compostagem tornou-se geralmente alcalino, variando entre 7,1 e 7,8 durante o processo de compostagem. Estes valores de pH não limitam a utilização deste composto como corretivo do solo, mas poderão limitar a sua utilização como componente de substratos, que frequentemente apresentam valores de pH inferiores [21]. A condutividade elétrica (CE) de material de acácia foi de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  no início da compostagem e diminuiu após duas semanas para valores de  $0,5\text{-}1,3 \text{ dS m}^{-1}$  (Fig. 2). Esta diminuição de CE pode ser explicada pela volatilização de amónia e a precipitação de sais minerais [11,16]. Elevadas concentrações de sais podem causar problemas de fitotoxicidade, sendo o valor da CE do composto importante na avaliação da adequação e segurança do mesmo para fins agrícolas. Nesta investigação, os valores finais CE de compostos foram muito inferiores ao valor máximo de  $3 \text{ dS m}^{-1}$  recomendado para aplicação de compostos ao solo [22].

A perda de matéria seca (resultados não apresentados) foi de  $644$  e  $642 \text{ g kg}^{-1}$ , respetivamente, para pilha de A e B, após 420 dias de compostagem. Portanto, o número de revolvimentos não afetou significativamente a perda de biomassa em compostagem. Perdas de massa inferiores foram referidas por [23] para a *Acacia longifolia* durante a decomposição no solo (44%, após 16,5 meses). Pelo contrário, foram sugeridas [1] perdas superiores para a *Acacia mangium*, nomeadamente, perdas de cerca de  $500 \text{ g kg}^{-1}$  de massa seca durante 8

semanas de incubação, enquanto no presente estudo, para o mesmo período de tempo, as perdas de massa foram 406 e 385 g kg<sup>-1</sup>, respetivamente, para as pilhas A e B.

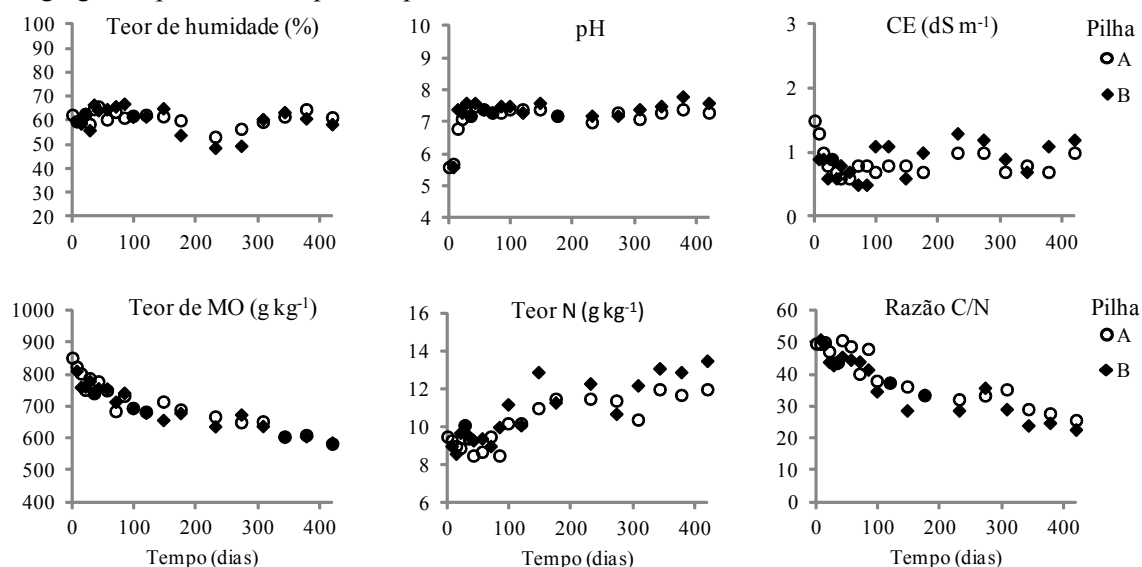


Fig. 2. Teor de humidade, pH, condutividade elétrica (CE), teores de matéria orgânica (MO) e de azoto (N) total, e razão carbono/azoto (C/N) das pilhas com maior (A) e menor (B) frequência de revolvimento.

O teor de MO diminuiu de  $852 \pm 36$  g kg<sup>-1</sup> no início da compostagem, para 583-586 g kg<sup>-1</sup> de MO no final da compostagem (Fig. 2). As perdas de MO (Fig. 3) revelaram duas fases diferentes de degradação da MO. A primeira fase (35 dias) foi indicativa da rápida decomposição do substrato facilmente biodegradável e de uma taxa muito elevada de atividade microbiana. A segunda fase mostrou um ritmo mais lento de degradação da MO, quando permaneciam apenas os substratos mais resistentes à biodegradação. O modelo [5] revelou um melhor ajustamento aos resultados das perdas de MO (valor de  $r^2$  superior) do que o modelo [4]. Estas perdas (Fig. 3) revelaram a existência de dois reservatórios de MO biodegradável, ambos com uma fração da MO mineralizável total semelhante, mas com taxas muito distintas de mineralização. No entanto, quando se compararam as perdas de N de ambos os reservatórios (Fig. 4), verificou-se que no segundo reservatório essas perdas foram apenas cerca de metade das do primeiro reservatório. O que significa que as perdas de N foram muito elevadas na primeira fase da compostagem e mais reduzidas na segunda fase da compostagem, devido ao ataque microbiano mais lento à MO remanescente, onde predominaria celulose e lenhina em partículas de maior dimensão. As perdas de N não variaram significativamente entre as pilhas A e B, provavelmente porque a diferença de tratamentos foi apenas de dois revolvimentos.

Aproximadamente 750 g kg<sup>-1</sup> da MO dos resíduos de acácia foram mineralizados durante um período de 420 dias de compostagem. Este valor é comparável com outros materiais orgânicos durante a compostagem realizada num período de tempo sempre muito inferior ao considerado neste estudo: (i) 620–660 g kg<sup>-1</sup> de MO de estrume com palha [24]; (ii) 460–760 g kg<sup>-1</sup> com estrume de bovinos leiteiros com serrim [25]; (iii) 630–670 g kg<sup>-1</sup> com a fração sólida do chorume [4]; e 645–672 g kg<sup>-1</sup> com estrume de suínos [26].

O aumento no teor de N total durante a compostagem (Fig. 2) foi devido ao facto das perdas de N serem inferiores às perdas de MO. Este aumento no teor de N encontra-se bem documentado para diferentes materiais durante a compostagem [4,13,27]. Neste estudo, o teor de N total aumentou de valores iniciais de  $9,5 \pm 0,7$  g kg<sup>-1</sup> de MS para valores finais de 12 g kg<sup>-1</sup> na pilha A e 13,5 g kg<sup>-1</sup> na pilha B, após 420 dias de compostagem (Fig. 2). A razão C/N diminuiu de valores iniciais de  $50 \pm 2,7$  no início do processo para valores finais de 26 e 23, respetivamente, para pilhas A e B (Fig. 2). As variações na razão C/N durante a compostagem ocorrem tanto como resultado da mineralização de MO (perda de CO<sub>2</sub>) como das perdas de N por volatilização de amónia [27]. Portanto, a redução na razão C/N resultou do facto da mineralização da MO ter sido superior às perdas de N por volatilização. A forte diminuição na razão C/N dos compostos finais em comparação com a razão C/N do material original foi indicativa de que compostos estavam num estado avançado de maturação

[28,29]. No entanto, a razão C/N final foi superior à que se verifica frequentemente com outros materiais orgânicos compostados e bem maturados, devido ao elevado teor de lenhina nos resíduos de acácia [1].

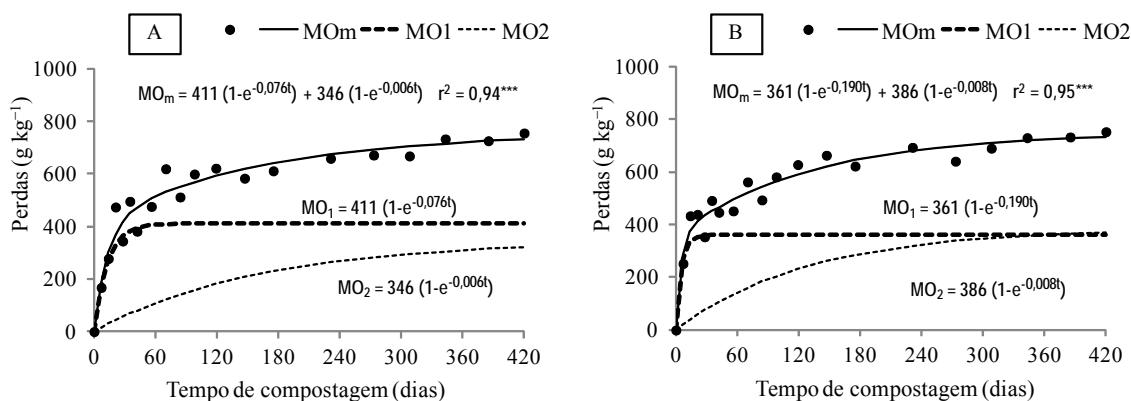


Fig. 3. Perdas de matéria orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$  de MO inicial) durante a compostagem de arbustos de acácia em pilhas com (A) cinco e (B) três revolvimentos.  $MO_m$  representa a MO mineralizada,  $MO_1$  e  $MO_2$  são reservatórios de MO de fácil e difícil mineralização, respetivamente, e  $t$  o tempo (dias)  $^{***}$  ( $P < 0.001$ ).

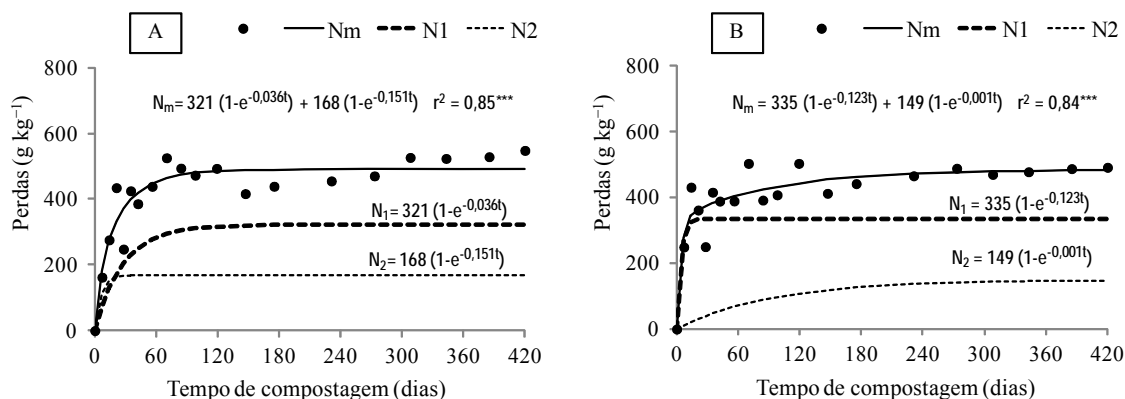


Fig. 4. Perdas de azoto ( $\text{g kg}^{-1}$  de N inicial) durante a compostagem de arbustos de acácia em pilhas com (A) cinco e (B) três revolvimentos.  $N_m$  representa o N mineralizado e perdido durante a compostagem.  $N_1$  e  $N_2$  representam as perdas de N dos reservatórios de fácil e difícil mineralização, respetivamente, e  $t$  o tempo (dias).  $^{***}$  ( $P < 0.001$ ).

O teor de N mineral ( $\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$ ) foi muito reduzido durante o processo de compostagem (resultados não apresentados), com exceção do  $\text{N-NO}_3^-$  que aumentou significativamente no período final de compostagem. O teor de  $\text{N-NH}_4^+$  variou geralmente entre 20 e 120  $\text{mg kg}^{-1}$  MS durante a compostagem, enquanto o teor de  $\text{N-NO}_3^-$  foi geralmente inferior a 10  $\text{mg kg}^{-1}$  MS até aos 343 dias de compostagem, e aumentou até um valor médio de 325  $\text{mg kg}^{-1}$  MS no final da compostagem.

A ocorrência de lixiviados não foi observada nas pilhas durante a compostagem, provavelmente devido à grande dimensão das pilhas e conseqüentemente reduzida superfície específica. Portanto, além de manter as temperaturas elevadas, as pilhas com grande volume podem ser vantajosas por não necessitarem de cobertura, já que a água da chuva é necessária para manter a humidade da pilha e não é demasiada para lixiviar os nutrientes, dentro das condições em que decorreu o presente estudo. Por outro lado, na fase termófila da compostagem, o teor de  $\text{N-NO}_3^-$  foi insignificante, provavelmente porque o N mineral foi imobilizado pelos microrganismos no processo de decomposição da MO e porque as bactérias responsáveis pela nitrificação são fortemente inibidas por temperaturas superiores a 40°C [30]. Assim, será de esperar que durante a compostagem, as perdas de N por lixiviação de nitratos, fossem praticamente nulas. No entanto, a elevada temperatura e as condições de pH elevado durante a fase termófila, provavelmente, promoveram uma intensa

volatilização de amónia, o que explicaria as perdas elevadas de N (484-490 g kg<sup>-1</sup> de N inicial) que ocorreram durante a compostagem (Fig. 4), principalmente na fase inicial do processo, quando a degradação da MO e a produção de amónia foi mais intensa.

A reduzida concentração do ião amónio que se verificou durante a compostagem da acácia em comparação com outros estudos, designadamente com resíduos da pecuária intensiva [4], poderá ser explicada pela elevada razão C/N dos resíduos de acácia relativamente aos dejetos animais, bem como, às perdas de N na forma de amónia no estado gasoso. Após 343 dias de compostagem, a concentração de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ultrapassou a concentração de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> em ambas as pilhas, sendo a razão N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> / N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de 0,16 na pilha A e 0,42 na pilha B no final do período de compostagem. A razão N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> / N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tem sido frequentemente utilizada para avaliar a maturação dos compostos, sendo sugeridos valores <1 [28] e <0,5 [31] como indicativos de compostos bem estabilizados. Os compostos avaliados neste trabalho alcançaram, portanto, uma razão N- N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> / N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> inferior aos valores indicativos para uma boa maturação. No final da compostagem, o teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foi superior na pilha A (371 mg kg<sup>-1</sup> MS) em comparação com a pilha B (280 mg kg<sup>-1</sup> MS), o que poderá ser explicado pelo maior arejamento da pilha A que sofreu um maior número de revolvimentos. O teor de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no final da compostagem foi inferior ao teor limite de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de 400 mg kg<sup>-1</sup> MS sugerido como indicador de estabilização dos compostos [29].

#### 4 Conclusões

Os arbustos de acácia moídos e crivados possuem uma biodegradabilidade e uma estrutura que permite a sua compostagem efetiva, com bom arejamento, como revelaram as temperaturas termófilas que foram atingidas logo após a construção das pilhas e que permaneceram acima de 65 °C por um período suficientemente longo para satisfazer os critérios mais rigorosos para inativação completa de agentes patogénicos.

As perdas de matéria orgânica (≈750 g kg<sup>-1</sup> de MO inicial) foram superiores às perdas de N (< 500 g kg<sup>-1</sup> de N inicial) e assim a razão C/N diminuiu de um valor inicial de 50 para valores finais de 26 e 23, respetivamente para a pilha com maior e menor frequência de revolvimento.

Este estudo mostrou que o composto maturado pode ser obtido com material de acácia com um número reduzido de revolvimentos das pilhas, após 420 dias de compostagem, como revela a descida das temperaturas de compostagem, a estabilização na degradação da MO, a diminuição da razão C/N e o aumento do teor N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nos compostos finais em comparação com o teor de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Além de estabilização da MO e da higienização do composto, os resultados indicaram que a compostagem de acácia pode produzir corretivos do solo ricos em MO e com uma baixa CE sendo, no entanto, necessário um longo período de compostagem e maturação dos compostos finais.

No âmbito deste projeto, os compostos serão ensaiados como substitutos parciais do composto de casca de pinheiro, utilizado frequentemente na formulação de substratos.

#### Agradecimentos

Este estudo realizou-se com o apoio dos fundos estruturais da União Europeia, através do projecto I&DT Empresas em Co-Promoção: “Compostagem de espécies invasoras” (QREN/COMPETE/CEI\_13584/2010).

#### Referências

- [1] Baggie, I., D.L. Rowell, J.S. Robinson & G.P. Warren. 2004. Decomposition and phosphorus release from organic residues as affected by residue quality and added inorganic phosphorus. *Agroforestry Systems* 63: 125-131.
- [2] Gallardo A. & J. Merino. 1999. Control of leaf litter decomposition rate in a Mediterranean shrubland as indicated by N, P and lignin concentrations. *Pedobiologia*, 43: 64-72.
- [3] Tchobanoglous, G., B.L. Burton & H.D. Stensel. 2003. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. Metcalf & Eddy Inc., McGraw-Hill, New York, 1819pp.

- [4] Brito, L.M., J. Coutinho & S.R. Smith. 2008. Methods to improve the composting process of the solid fraction of dairy cattle slurry. *Bioresource Technology* 99: 8955-8960.
- [5] Lindsay, E.A. & K. French 2004. *Chrysanthemoides monilifera* ssp. *rotundata* invasion alters decomposition rates in coastal areas of south-eastern Australia. *Forest Ecology and Management* 198: 387-399.
- [6] Marchante, E., A. Kjølterb, S. Struweb & H. Freitas. 2008. Invasive *Acacia longifolia* induce changes in the microbial catabolic diversity of sand dunes. *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 2563-2568.
- [7] CEN, 1999. *European Standards - soil improvers and growing media*. European Committee for Standardization.
- [8] Gonçalves, M.S. & M. Baptista 2001. *Proposta de regulamentação sobre qualidade do composto para utilização na agricultura*. Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, INIA, MADRP, Lisboa.
- [9] Paredes, C., A. Roig, M.P. Bernal, M.A. Sánchez-Monedero & J. Cegarra. 2000. Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. *Biological Fertility of Soils* 20: 222-227.
- [10] Tang, J.C., A. Shibata, Q. Zhou & A. Katayama. 2007. Effect of temperature on reaction rate and microbial community in composting of cattle manure with rice straw. *Journal Bioscience and Bioengineering*, 104: 321-328.
- [11] Bustamante, M.A., C. Paredes, F.C. Marhuenda-Egea, A. Pérez-Espinosa, M.P. Bernal. & R. Moral. 2008. Co-composting of distillery wastes with animal manures: Carbon and nitrogen transformations in the evaluation of compost stability. *Chemosphere* 72: 551-557.
- [12] Serramiá, N., M.A. Sánchez-Monedero, A. Fernández-Hernández, C. Civantos & A. Roiga. 2010. Contribution of the lignocellulosic fraction of two-phase olive-mill wastes to the degradation and humification of the organic matter during composting. *Waste Management* 30: 1939-1947.
- [13] Brito, L.M, I. Mourão, J. Coutinho & S.R. Smith. 2010. Physicochemical dynamics of composting screw pressed cattle slurry amended with Italian ryegrass straw or gorse bulking agents. *Compost Science & Utilization* 18: 119-126.
- [14] Molina, J.A.E., C.E. Clapp & W.E. Larson. 1980. Potentially mineralizable nitrogen in soil: The simple exponential model does not apply for the first 12 weeks of incubation. *Soil Science Society of America Journal* 44:442-443.
- [15] Bernal, M.P., J.A. Alburquerque & R. Moral. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology* 100: 5444-5453.
- [16] Gao, M., Liang, F., Yu, A., Li, B. and Yang, L. 2010. Evaluation of stability and maturity during forced-aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios. *Chemosphere*, 78: 614-619.
- [17] Wu, N. & Smith, J.E. 1999. Reducing pathogen and vector attraction for biosolids. *Biocycle* 40(11): 59-61.
- [18] Füleky, G. 2010. Composting to recycle biowaste. In Lichtfouse, E. (ed.), *Sociology, organic farming, climate change and soil science*. Springer, Dijon, France, p. 319-346.
- [19] Kader, N.A., P. Robin, J.M. Paillat. & P. Leterme. 2007. Turning, compacting and the addition of water as factors affecting gaseous emissions in farm manure composting. *Bioresource Technology* 98: 2619-2628.
- [20] Petric, I., A. Sestan & I. Sestan. 2009. Influence of initial moisture content on the composting of poultry manure with wheat straw. *Biosystems Engeneering* 104:125-134.
- [21] Cáceres, R., X. Flotats & O. Marfà. 2006. Changes in the chemical and physicochemical properties of the solid fraction of cattle slurry during composting using different aeration strategies. *Waste Management* 26: 1081-1091.
- [22] Soumaré, M., A. Demeyer, F.M.G. Tack & M.G. Verloo. 2002. Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. *Bioresource Technology* 81: 97-101.
- [23] Pereira, A.P., M.A.S. Graca. & M. Molles. 1998. Leaf litter decomposition in relation to litter physico-chemical properties, fungal biomass, arthropod colonization, and geographical origin of plant species. *Pedobiologia* 42: 316-327.
- [24] Vuorinen, A.H. & M.H. Saharinen. 1997. Evolution of microbiological and chemical parameters during manure and straw co-composting in a drum composting system. *Agricultural Ecosystems and Environment* 83: 189-194.

- [25] Michel Jr., F.C., J.A. Pecchia, J. Rigot & H.M. Keener. 2004. Mass and nutrient losses during the composting of dairy manure amended with sawdust or straw. *Compost Science & Utilization* 12: 323-334.
- [26] Zhu, N., D. Changyan, X. Yuanzhu & Q. Huiyue. 2004. Performance characteristics of three aeration systems in the swine manure composting. *Bioresource Technology* 95:319-326.
- [27] de Bertoldi, M. & M. Civilini 2006. High Rate Composting with Innovative Process Control. *Compost Science & Utilization* 14: 290-295.
- [28] Larney, F.J. & X. Hao. 2007. A review of composting as a management alternative for beef cattle feedlot manure in southern Alberta, Canada. *Bioresource Technology* 98: 3221-3227.
- [29] Zucconi, F. & de Bertoldi, M., 1987 - Composts specifications for the production and characterization of composts from municipal solid waste. In de Bertoldi, M., Ferranti, M.P., L'Hermite, P., Zucconi, F. (eds.), *Compost: Quality and Use*. Elsevier Applied Science, London, p. 30-50.
- [30] Hellmann, B., L. Zelles, A. Palojarvi & K. Bai. 1997. Emission of climate-relevant trace gases and succession of microbial communities during open-windrow composting. *Applied and Environmental Microbiology* 63: 1011-18.
- [31] CCQC, 2001. *Compost Maturity index*. Nevada City, California, Compost Quality Council, 26pp.

## Fertilizantes “especiais” na agricultura transmontana

Manuel Ângelo Rodrigues, Isabel Q. Ferreira & Margarida Arrobas  
Centro de Investigação de Montanha  
Instituto Politécnico de Bragança  
Campus Sta Apolónia, ap. 1172, 5301-855 Bragança  
angelor@ipb.pt

*Resumo* – Nos últimos anos tem aumentando a gama de fertilizantes à disposição dos agricultores e também a sofisticação nas estratégias de marketing. Os fertilizantes podem ter diversas designações técnicas e/ou comerciais, tais como adubos de libertação controlada, adubos inteligentes, adubos com ácidos húmicos, estimulantes do vingamento, etc. São apresentados aos agricultores como produtos sofisticados e de uso generalizado em regiões do país ou do mundo com agricultura muito competitiva. Prometem ser uma mais-valia na resolução de problemas como a alternância na frutificação e/ou ter efeitos mais ou menos espetaculares em diversos componentes da produção. Neste trabalho apresentam-se resultados de investigação já publicados e em publicação em que fertilizantes “especiais” foram testados em diversas situações concretas da agricultura transmontana. Os resultados têm mostrado que nem sempre é possível ao produtor obter os benefícios anunciados pelos comerciais. Frequentemente soluções fertilizantes convencionais, para além de serem mais económicas, conduzem a melhores resultados agronómicos. Este trabalho pretende também servir de alerta para que o agricultor evite recorrer a soluções fertilizantes mais onerosas sem ter a garantia de que obtém o retorno correspondente.

*Palavras-chave:* adubos de libertação lenta; fertilizantes especiais; estimulantes do vingamento

### 1 Introdução

A agressividade comercial associada aos fertilizantes não convencionais tem aumentado significativamente nos últimos anos. As empresas apresentam os novos produtos como sendo o resultado de investigação de ponta, desenvolvidos por consórcios envolvendo frequentemente universidades, e dirigidos para a solução de problemas complexos mas muito conhecidos. Os comerciais no terreno usam frequentemente estratégias de divulgação dos produtos que consistem em fazer passar a ideia de que a sua utilização está generalizada em regiões de agricultura mais desenvolvida e de que vêm romper com algum marasmo e falta de investimento em que o setor agrícola se vê envolvido. Outros produtos são dirigidos a nichos de mercado bem definidos, como câmaras municipais e outras instituições públicas ou a entidades que gerem recintos desportivos e parques de lazer, mas que apresentam um denominador comum, designadamente o fato de o preço não ser um fator de particular importância. Normalmente associa-se ao marketing dos produtos a imagem de que têm potencial para mitigar a problemática ambiental (produtos “amigos do ambiente”) que normalmente existe em torno dos fertilizantes convencionais. Neste trabalho apresenta-se um resumo da investigação realizada nesta área e dos principais resultados obtidos. Os trabalhos realizados são organizados em três grupos: i) adubos de libertação lenta, de libertação controlada e fertilizantes estabilizados; ii) fertilizantes controlados na rizosfera; e iii) fertilizantes com fito-hormonas ou estimulantes do vingamento.

### 2 Principais trabalhos realizados no CIMO sobre fertilizantes “especiais”

#### 2.1 Adubos de libertação lenta, de libertação controlada e adubos estabilizados

Os adubos de libertação lenta são produtos resultantes da reação da ureia com aldeídos diversos. Deste grupo de fertilizantes encontram-se três formulações distintas no mercado, designadas de ureia-formaldeído (UF), isobutilideno-diureia (IBDU) e crotonilideno-diureia (CDU), e cujo comportamento no solo é conferido sobretudo pelo grau de polimerização ou comprimento das moléculas que se formam em cada caso [1].

Os adubos de libertação controlada são materiais solúveis (fertilizantes convencionais) em que a libertação dos nutrientes para a solução do solo está condicionada por um revestimento de enxofre ou de polímeros de natureza diversa (poliuretanos, poliésteres, resinas, ...). O enxofre usa-se frequentemente para revestir a ureia, enquanto os polímeros são usados sobretudo para revestimento de adubos compostos convencionais [1].

Os fertilizantes estabilizados são aqueles que foram modificados durante o processo de fabrico com a inclusão de um inibidor da nitrificação [1]. Os inibidores da nitrificação retardam a oxidação de  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_2^-$  reduzindo o risco de perdas de azoto por lixiviação de nitratos e/ou desnitrificação. Apesar de estarem patenteadas diversas substâncias com capacidade para inibirem a nitrificação, apenas três atingiram importância comercial, Nitrapirina [2-cloro-6-(triclorometil-piridina)], Diciandiamida e Dimetilpirazole fosfato.

Nos últimos anos foram definidas duas linhas de investigação incluindo adubos de libertação lenta, de libertação controlada e fertilizantes estabilizados.

O primeiro trabalho consistiu em testar fertilizantes com aqueles mecanismos de proteção dos nutrientes em couve penca. Esta couve faz o ciclo cultural entre o fim do verão e o inverno, sendo necessário azoto num período em que o risco de lixiviação é muito elevado. Testou-se a possibilidade dos fertilizantes que condicionam a libertação dos nutrientes para a solução do solo poderem melhorar a eficiência de uso do azoto nestas condições. Os trabalhos decorreram durante dois anos no arboreto junto à estufas da ESA. Nesta linha de trabalho foi incluída uma aluna do mestrado em Agroecologia. Os resultados não mostraram vantagem daqueles fertilizantes por comparação com os adubos convencionais. Os resultados detalhados podem ser consultados em Rodrigues et al. (2010) [2].

O segundo trabalho decorreu durante dois anos com ensaios nos jardins da Câmara Municipal de Valpaços e nos espaços verdes do Instituto Politécnico de Bragança (IPB). No projeto foi incluída uma aluna do mestrado em Agroecologia da Escola Superior Agrária (ESA) do IPB e uma aluna de licenciatura com uma bolsa de integração na investigação do Centro de Investigação de Montanha (CIMO). Estudou-se o efeito dos diferentes fertilizantes na produção e “qualidade” da relva e a eficiência de uso dos nutrientes. Os resultados não comprovaram a supremacia dos fertilizantes “especiais” sobre os fertilizantes convencionais. Quando se calculou um índice de eficiência económica da fertilização, surgiram resultados comprometedores para os fertilizantes que apresentam preços de mercado mais elevados. Os resultados detalhados podem ser consultados em Arrobas et al. (2011) [3].

## **2.2 Fertilizantes controlados na rizosfera**

Recentemente um consócio Universidade-Empresa espanhol lançou no mercado uma linha de fertilizantes com um novo conceito de condicionamento da disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Consiste do estabelecimento de uma matriz organo-mineral que aprisiona os nutrientes e os liberta apenas na presença de certos ácidos orgânicos (indicadores da existência de plantas em crescimento) [4]. As vantagens potenciais seriam enormes uma vez que ficando os nutrientes disponíveis na solução do solo apenas quando há plantas em crescimento ativo aumentaria a oportunidade de absorção radicular e reduziria as perdas de nutrientes para o meio ambiente. Os fertilizantes com este mecanismo foram designados de Rhizosphere-controlled fertilizers e são comercializados com a designação de D-CODER [5].

Durante dois anos decorreram ensaios em vasos e em campo para avaliar o comportamento agronómico deste fertilizante face a modalidades de fertilização convencional. Os fertilizantes foram testados em situações em que durante o ano ocorreram períodos ativos de crescimento das plantas e outros sem vegetação ou ausência do seu crescimento. No ensaio de campo, escolheu-se uma rotação com duas culturas anuais, um ferrejo de inverno e milho silagem no verão, com períodos de ausência de plantas ou paragem de crescimento e outros de elevada atividade biológica das plantas.

Os resultados mostraram que a matriz organo-mineral controlou a libertação dos nutrientes na fase inicial quando não havia plantas presentes, mas não conseguiu parar a libertação dos nutrientes quando se interrompeu a presença de plantas já em crescimento. Esta linha de trabalho integrou um aluno com uma bolsa de integração na investigação do CIMO. Os resultados detalhados estão em publicação e poderão vir a ser consultados em Arrobas et al. (2013) [6].

## **2.3 Fertilizantes com fito-hormonas e outros estimulantes do vingamento**

Uma gama bastante diversificada de fertilizantes tem sido desenvolvida a partir da adição de aminoácidos, substâncias húmicas, algas, micro-organismos, fito-hormonas, etc. Na região ganharam alguma importância

produtos recomendados para estimular o vingamento e reduzir a alternância na frutificação, um aspeto muito importante em várias espécies arbóreas e arbustivas importantes na região, como o olival e a vinha.

Um produto fertilizante comercializado como estimulante do vingamento para assegurar produção regular ano após ano foi ensaiado em dois olivais de Trás-os-Montes. Um dos olivais é da cultivar Cobrançosa e situa-se na região de Valpaços; o outro é da cultivar Santulhana, conhecida por apresentar problemas de vingamento particulares, e situa-se na região de Izeda. Avaliou-se o efeito da aplicação do fertilizante na percentagem de vingamento, na produção final de azeitona e no estado nutritivo das árvores.

Os resultados mostraram uma completa ausência de efeito do fertilizante no vingamento e na produção de azeitona. Notou-se contudo uma ligeira melhoria no estado nutritivo das árvores pela aplicação do fertilizante. Os resultados detalhados deste trabalho podem ser consultados em Rodrigues et al. (2011) [7].

### 3 Conclusões

A dinâmica atual do mercado dos fertilizantes, com aparecimento de novos produtos de elevada “sofisticação” a um ritmo acelerado, tem criado uma situação em que apenas os comerciais, que são parte interessada, opinam sobre os produtos que eles próprios comercializam. O trabalho que tem sido realizado no CIMO tenta contrariar esta tendência. Isto é, tem vindo a ser obtida informação “independente do negócio” sobre alguns dos produtos que atingem relevância comercial na região, baseada em trabalho experimental de campo, para auxiliar os agricultores e outros utilizadores destes produtos na decisão final pela sua aquisição.

#### Referências

- [1] Trenkel, M.E. 2010. Slow-and controlled-release and stabilized fertilizers. An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. International Fertilizer Industry Association. Paris, France.
- [2] Rodrigues, M. A., Santos, H., Ruivo, S., Arrobas, M. 2010. Slow-release N fertilisers are not an alternative to urea for fertilisation of autumn-grown tall cabbage. *European Journal of Agronomy*, 32 (2): 137-143.
- [3] Arrobas, M., Parada, M.J., Magalhães, P., Rodrigues, M.A. 2011. Nitrogen-use efficiency and economic efficiency of slow-release N fertilisers applied to irrigated turfs in a Mediterranean environment. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 89:329–339.
- [4] Erro, J., San Francisco, S., Urrutia, O., Yvin, J.C., Garcia-Mina, J.M. 2007b. El fertilizante D-CODER de Timac AGRO-INABONOS. *Agrícola Vergel*, Diciembre 2007. 1-3.
- [5] Erro, J., Urrutia, O., San Francisco, S., Garcia-Mina, J.M. 2007a. Development and agronomic validation of new fertilizer compositions of high bioavailability and reduced potential nutrient losses. *J. Agric. Food Chem.*, 55: 7831-7839.
- [6] Arrobas, M., Rodrigues, M.A. 2013. Agronomic evaluation of a fertiliser with D-CODER technology, a new mechanism for the slow release of nutrients. *Journal of Agricultural Science and Technology* 15 (2): xx-xx (in press).
- [7] Rodrigues, M.A., Acácio, L., Claro, M., Ferreira, I.Q., Arrobas, M. 2011. Aplicação de um estimulante do vingamento dos frutos em olival. p. 60-66. Atas Portuguesas de Horticultura-17, 3º Colóquio Nacional de Horticultura Biológica.

## Membros do CIMO - contactos

<b>Nome</b>	<b>Domínio de Investigação</b>	<b>email</b>
Albino António Bento	Proteção integrada das culturas	bento@ipb.pt
Alexandre Nuno e Brito	Produção animal	cimo.anvbnb@ipb.pt
Altino Branco Choupina	Engenharia genética	albracho@ipb.pt
Álvaro Luis P. Lemos de Mendonça	Qualidade e rastreabilidade de produtos animais	alme@ipb.pt
Amílcar António Teiga Teixeira	Ecologia aquática	amilt@ipb.pt
Amilcar Lopes António	Qualidade e segurança alimentar	amilcar@ipb.pt
Ana Maria Antão Geraldes	Limnologia e conservação da biodiversidade	geraldes@ipb.pt
Ana Maria Pinto Carvalho	Etnobotânica e agroecologia	anacarv@ipb.pt
Angela Sofia Feitor Fernandes	Química dos alimentos e nutrição humana	angela_feitor@hotmail.com
António Castro Ribeiro	Agrometeorologia e rega	antrib@ipb.pt
Arlindo Castro Ferreira de Almeida	Mecanização agrícola	acfa@ipb.pt
Artur Jorge de Jesus Gonçalves	Gestão Ambiental	ajg@ipb.pt
Carlos Francisco Gonçalves Aguiar	Flora e ambiente	cfaguiar@ipb.pt
Cristina Maria Marta Rosa Pedroso	Ciências ambientais	cristina.pedroso@ipb.pt
Dionísio Afonso Gonçalves	Agrometeorologia	dionisio@ipb.pt
Elsa Cristina Dantas Ramalhosa	Metais pesados e ambiente	elsa@ipb.pt
Eric Carvalho Pereira	Micologia e ecologia	eric@ipb.pt
Ermelinda Lopes Pereira	Biologia do solo e ecologia	epereira@ipb.pt
Felícia Maria da Silva Fonseca	Solos florestais	ffonseca@ipb.pt
Fernando Jorge Ruivo de Sousa	Produção animal	fsousa@ipb.pt
Filipa Conceição Silva Torres Manso	Ciências florestais	fmanso-cimo@ipb.pt
Helena Margarida Pires Pinheiro	Ecologia da Paisagem	hpinheiro-cimo@ipb.pt
Isabel Cristina F. Rodrigues Ferreira	Química e bioquímica	iferreira@ipb.pt
Isabel de Maria C. Gonsalves Mourão	Fisiologia das culturas e horticultura biológica	imourao-cimo@ipb.pt
Ivo Vaz de Oliveira	Química dos alimentos e qualidade	ivo.oliveira@ipb.pt
Jaime Camilo Maldonado Pires	Ecologia das pastagens e sistemas de agricultura	jaime@ipb.pt
João Carlos Martins Azevedo	Ecologia da paisagem	jazevedo@ipb.pt
João Carlos Martins Barreira	Química dos alimentos e nutrição humana	jbarreira@ipb.pt
João Luis Verdial Andrade	Viticultura, enologia, tec. dos alimentos	verdial@ipb.pt
João Paulo Miranda de Castro	SIG e ciências florestais	jpmc@ipb.pt
João Sobrinho Teixeira	Oxigenação da água	sobrinho@ipb.pt
Joaquina Teresa Gaudêncio Dias	Biotecnologia e microbiologia	tdias@ipb.pt
José Alberto Cardoso Pereira	Prot. das culturas, química e qual. dos alimentos	jpereira@ipb.pt
José Carlos B. do Couto Barbosa	Engenharia rural	bb@ipb.pt
José Paulo M.G. Marques Cortez	Gestão de recursos naturais	pcortez@ipb.pt
José Pedro Pinto de Araújo	Produção animal	cimo.jpapa@ipb.pt
José Raul de Oliveira Rodrigues	Biologia, proteção das culturas, biodiversidade	jrodrigues-cimo@ipb.pt
Lillian Bouçada de Barros	Alimentos e ambiente	lillian@ipb.pt
Luis Avelino Guimarães Dias	Química analítica e quimiometria	ldias@ipb.pt
Luis Carlos Magalhães Pires	Sistemas distribuídos e empresas virtuais	luica@ipb.pt
Luis Filipe de Sousa Teixeira Nunes	Gestão de recursos naturais e florestais	lfnunes@ipb.pt
Luís Miguel Cortez Mesquita de Brito	Fertilidade do solo e compostagem	lbrito-cimo@ipb.pt
Luiz Carlos Guerreiro Lopes	Climatologia	llopes-cimo@ipb.pt
Manuel Ângelo Rosa Rodrigues	Agroecologia e produção de culturas	angelor@ipb.pt
Manuel Joaquim Sabença Feliciano	Ciência ambiental	msabenca@ipb.pt
Mara Emanuela B. C. de Sousa Dias	Segurança alimentar	mebdias@iol.pt
Margarida Maria P. Arrobas Rodrigues	Fertilidade do solo e ambiente	marrobas@ipb.pt
Maria Alice da Silva Pinto	Genética e melhoramento de abelhas	apinto@ipb.pt
Maria da Conceição C. Fernandes	Metais pesados e toxicologia	conceicao.fernandes@ipb.pt
Maria de Fátima A. P. Lopes da Silva	Tecnologia e química dos alimentos	lopes.silva@ipb.pt

Membros do CIMO - contactos (continuação)

<b>Nome</b>	<b>Domínio de Investigação</b>	<b>email</b>
Maria de Fátima Tomé Martins	Fungos endofíticos	ftomemartins@hotmail.com
Maria de Lurdes Antunes Jorge	Proteção integrada das culturas	lurdesjo@ipb.pt
Maria de Lurdes Cicouro Galvão	Nutrição animal	lgalvao@ipb.pt
Maria do Loreto Monteiro	Florestas e ambiente	loreto@ipb.pt
Maria do Sameiro Ferreira Patrício	Modelação florestal e silvicultura	sampat@ipb.pt
Maria Esther Fernández Núñez	Ciências agronómicas	esther.fernandez@ipb.pt
Maria Eugénia Madureira Gouveia	Proteção das culturas e doenças da raíz	egouveia@ipb.pt
Maria João de A. Coelho de Sousa	Biologia, proteção das culturas, biodiversidade	joaos@ipb.pt
Maria José Miranda Arabolaza	Entomologia	arabolaz@ipb.pt
Maria Letícia M. Fernandes Estevinho	Microbiologia, biotecnologia e biologia molecular	leticia@ipb.pt
Maria Luísa Roldão Marques Moura	Entomologia	cimo.mlrrm@ipb.pt
Marina Maria P. M. Ferreira de Castro	Ecologia e silvicultura	marina.castro@ipb.pt
Miguel José Rodrigues Vilas Boas	Química dos alimentos e produtos de apicultura	mvboas@ipb.pt
Nina Teresa Sousa Santos Aguiar	Economia e sociologia	naguiar@ipb.pt
Orlando Isidoro Afonso Rodrigues	Economia dos recursos naturais	orlando@ipb.pt
Paula Cristina Azevedo Rodrigues	Microbiologia dos alimentos e micologia aplicada	prodrigues@ipb.pt
Paula Cristina dos Santos Baptista	Diversidade de macrofungos e ectomicorrizas	pbaptista@ipb.pt
Paula Sofia Alves do Cabo	Propriedade, governança e cooperativas	paulacabo@ipb.pt
Pedro Miguel Lopes Bastos	Ciência de computadores	bastos@ipb.pt
Rui Miguel Vaz de Abreu	Bioinformática	ruiabreu@ipb.pt
Sância Maria Afonso Pires	Apicultura e sanidade	spires@ipb.pt
Sandra Sofia do Quinteiro Rodrigues	Qualidade da carne e rastreabilidade	srodrigues@ipb.pt
Sérgio Alípio Domingues Deusdado	Bioinformática	sergiold@ipb.pt
Sílvia de Freitas Moreira Nobre	Ciências sociais	silvian@ipb.pt
Sónia Alexandra Paiva Santos	Biologia, proteção das culturas, biodiversidade	saps@ipb.pt
Teresa Maria Montenegro A A Correia	Fisiologia da reprodução animal	tcorreia@ipb.pt
Tomás DAquino F. Rosa de Figueiredo	Solos e conservação do solo	tomasfig@ipb.pt
Vasco Augusto Pilão Cadavez	Qual. carcaça e de carne, melhoramento animal	vcadavez@ipb.pt
Vítor Fernando Silva Simões Alves	História do território	valves@ipb.pt
Vítor Manuel Ramalheira Martins	Química dos alimentos	vmartins@ipb.pt

