

MONITORIZAÇÃO DA DOENÇA DA TINTA DO CASTANHEIRO COM FOTOGRAFIAS AÉREAS DE DIFERENTES FORMATOS

Martins L.M.¹, J.P. Castro², M.R. Gonçalves¹, F.W. Macedo¹, C.P. Marques¹ e C.G. Abreu¹

¹ Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, CEGE, Vila Real, Portugal;
lmartins@utad.pt

² Escola Superior Agrária, Bragança, Portugal

Resumo. Na monitorização da dispersão da doença da tinta do castanheiro é aconselhável recorrer a metodologias de baixo custo, pela necessidade de reconhecimentos expeditos em curtos períodos de tempo. A Fotografia Aérea de Pequeno Formato (FAPF) tem já provas dadas neste domínio, em alternativa ao inventário baseado em fotografias aéreas convencionais.

A grande panóplia de películas e de equipamentos disponíveis pode dificultar a opção do decisor florestal quanto à melhor alternativa para a monitorização da sanidade de castanhais. Assim, neste estudo foram utilizados vários subsistemas de FAPF: pequeno formato (35 mm), médio formato (70 mm) e digital. Os equipamentos foram adaptados para o avião tripulado Cessna 172, obtendo-se FAPF à mesma altitude, com objectivas de ângulo normal, no sistema digital, em películas policromadas (70 mm) e de infravermelho próximo (35 mm) de sotos de Valpaços.

Após digitalização das películas fotográficas, com a mesma resolução das imagens digitais, as imagens aéreas foram comparadas quanto à discriminação de classes de estrago de castanhais. A estimativa dos custos de aquisição do equipamento, obtenção de imagens e de fotointerpretação, num horizonte de 5 anos, foi também determinada. Verificou-se que as fotografias policromadas podem ser usadas na avaliação dos estragos, mas nas fotos de infravermelho próximo detecta-se melhor o início do declínio.

As fotografias aéreas de 70 mm têm a maior resolução espacial. O custo inicial mais elevado deste equipamento é rentabilizado a longo prazo, pela maior facilidade de fotointerpretação e por as missões aerofotográficas poderem ser realizadas a maior altitude, requerendo então menos imagens para cobrir a mesma área de terreno e custos menores de ortorrectificação.

Palavras chave: doença da tinta do castanheiro, fotografia aérea de pequeno formato

INTRODUÇÃO

A doença da tinta é um dos principais problemas fitossanitários dos castanhais portugueses. É habitualmente provocada pelo oomiceta do solo *Phytophthora cinnamomi*, estando associada ao amarelecimento e rarefacção da copa, dieback dos ramos e declínio gradual da árvore infectada. A sintomatologia inclui também alteração da assinatura espectral da copa, detectável por sensores remotos. A monitorização do problema sanitário pode também fazer-se por avaliações no campo, em locais de amostragem. No entanto, habitualmente estes inventários são demorados e dispendiosos, restringindo-se a avaliações que não podem ser repetidas sem acréscimos importantes de recursos (Martins *et al.*, 2001).

A detecção remota é por isso o processo de monitorização da sanidade mais apropriado. Pode tirar proveito de todo o espectro electromagnético reflectido pelas árvores e possibilita armazenar dados adicionais, precisos, sucessivos e globais. Nesse campo, a Fotografia Aérea de Pequeno Formato (FAPF) surge como alternativa válida às imagens convencionais, devido ao seu menor custo. Contudo, dada a grande variabilidade de subsistemas em estudos de sanidade florestal, interessa conhecer quais os mais favoráveis ao

Obtenção de fotografias aéreas de diferentes formatos

Concebeu-se um suporte de câmaras do tipo retráctil adaptado ao compartimento da bagagem do avião Cessna 172. A plataforma deslizante tem dimensões suficientes para comportar câmaras de pequeno e médio formatos (Figura 2). Possui topo transparente, para se poder vigiar o equipamento a partir do interior da cabina e desloca-se sobre calhas para o exterior, sendo recolhida após a captação de imagens. Para a sua instalação é necessário retirar a porta do compartimento das bagagens e o encosto do banco posterior, sendo a estrutura metálica aparafusada aos apoios do banco.

A missão aerofotográfica sobre soutos do concelho de Valpaços efectuiu-se em 2002. Utilizou-se uma câmara de 70 mm (Rolleiflex 6008) com a película policromada *Fujifilm 200 ASA*; de pequeno formato (Nikon SLR) com a película *Kodak height speed Ektachrome Professional Infrared Film* e digital (Fujifilm S1 Pro). As câmaras foram instaladas com objectivas de ângulo normal e com o lado menor do negativo paralelo à linha de voo. O disparo foi accionado simultaneamente através de um intervalómetro.



Figura 2. À esquerda, suporte retráctil adaptado à porta posterior do avião Cessna 172 e à direita câmaras fotográficas instaladas no mesmo suporte.

A câmara fotográfica digital utilizada possui um CCD (*Charge Coupled Device*), i.e., elemento fotossensível com 15.5x23.3 mm, permitindo obter imagens à resolução de 2016x3040 pixel². Com esta resolução (130 ppm; 3300 dpi) os ficheiros têm a dimensão de 18.4 Megabyte (MB). Contudo, a gravação a este nível não foi viável dada a necessidade de obter fotografias a intervalos de tempo regulares e reduzidos (neste caso 2.5 s). Usou-se assim um rácio de compressão de 16.0, obtendo-se ficheiros com 1.15 MB. A sua resolução é de 70 ppm (1780 dpi), sendo este valor o adoptado na digitalização dos diapositivos de 35 e 70 mm.

Para a comparação das imagens digitais, usou-se a relação entre a dimensão do *pixel* (p) e a correspondente dimensão no terreno (GSD). Efectivamente, nas imagens aéreas digitais não existe uma escala bem definida, visto que esta pode ser alterada rápida e facilmente através da ampliação ou de redução reproduzidas num monitor ou cópia impressa (Comer *et al.*, 1998). Todavia, aquela relação é um parâmetro de escala ($1/E$) que, em última análise, depende da distância focal da objectiva (f) e da altura de voo (h):

$$1/E = \frac{p}{GSD} = \frac{f}{h}$$

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A área de castanheiro, em 1995, nas freguesias de estudo era de 2233.8 ha, o que representa 18.4 % de ocupação, sendo um claro indicador da importância da espécie na região. Essa relevância é claramente demonstrada pelas novas plantações, que no período de 1995 a 2002 tiveram um aumento de 32 % (Martins, 2004; AGRO 179, 2005).

Relativamente às imagens obtidas, verificamos que o aumento da escala, facultado pelos monitores ou impressoras, não aumenta proporcionalmente a informação (Quadro 1). Na verdade, o valor do *pixel* é independente da escala na qual é apresentado, pois para a interpretação ou distinção de objectos são necessários, pelo menos, *agregados* com 4 a 9 (Comer *et al.*, 1998). Marques e Aranha (2000) defendem que só podem ser tiradas ilações fidedignas, quando à homogeneidade da reflectância de um *pixel*, se este estiver situado no centro de uma matriz de 3 x 3, em que todos eles apresentem o mesmo valor.

Quadro 1. Dimensão do pixel relativamente ao solo (GSD) e da imagem após impressão.

Descrição	Médio formato	Pequeno formato	Digital	Unidades
Escala (1: E)	1: 6500	1: 10400	1: 18570	
Distância focal da objectiva (f)	80	50	28	mm
Altura de voo (h)	520	520	520	m
Dimensão do negativo; CCD ($l_1 \times l_2$)	42 x 56	24 x 36	15.5 x 23.3	mm
Dimensões do terreno fotografado ($L_1 \times L_2$)	273 x 364	250 x 374	288 x 433	m
Resolução da imagem (r)	70; 1780	70; 1780	70; 1780	ppm; dpi
Nº de <i>pixels</i> da imagem	2940 x 3920	1680 x 2520	1085x1631	<i>pixel</i> ²
Dimensão do <i>pixel</i> ($p=1/r$)	0.014	0.014	0.014	mm
GSD ($p.h/f$)	0.14	0.22	0.39	m / <i>pixel</i>
Imagem impressa (11.8 ppm; 300 dpi)	24.9 x 33.2	14.2 x 21.3	9.2 x 13.8	cm ²

Com o sistema fotográfico digital utilizado, a dimensão GSD permite a identificação de plantações recentes de castanheiro, mas não é suficiente para separar com clareza Classes de Estrago (CE) em castanheiros com diâmetro de copa menor que 1 m, pois a essas copas correspondem apenas 4 *pixels*. Por sua vez, no médio formato (MF) a classificação referida é possível, mas também o é no pequeno formato (PF), visto que a câmara *Rolleiflex 6008* captou um excesso de pormenor relativamente à informação minimamente exigida para aquele efeito. Assim, a rentabilização do equipamento de MF teria sido melhor se o voo fosse efectuado à altura de 830 m. A esta altura o valor de GSD é equivalente ao PF, mas há um acréscimo de 60 % da área fotografada por disparo (Quadro 2).

Quadro 2. Escala de FAPMF digitais observadas num monitor com 5 ppm de resolução, considerando a dimensão mínima no terreno (GSD) a agregados de 4 *pixels*.

Descrição	Médio formato	Pequeno formato	Digital	Unidades
Escala (1: E)	1: 6500	1: 10400	1: 18570	
Distância focal da objectiva (f)	80	50	28	mm
Altura de voo (h)	520	520	520	m
Dimensão do <i>agregado</i> (4 <i>pixels</i>)	0.056	0.056	0.056	mm
GSD / <i>agregado</i>	0.36	0.58	1.03	m
Resolução do monitor (r_m)	5; 127	5; 127	5; 127	ppm; dpi
Escala no monitor (1: E_m)	1: 1806	1: 2889	1: 5159	

Além da segurança adicional, os voos a maior altitude são habitualmente mais estáveis, pois são sujeitos a menores perturbações atmosféricas devidas a oscilações na temperatura do solo. A maior estabilidade do voo permite otimizar outras variáveis associadas à qualidade das imagens. O rebatimento para a periferia do negativo é menor,

havendo melhores possibilidades da sua utilização para fotogrametria (Woodcock, 1976). O menor número de imagens necessárias para cobrir determinada área diminui os custos, pois haverá menos fiadas e o trabalho de fotointerpretação é facilitado.

Para obter imagens com definição idêntica ao PF, a altura de voo com a câmara digital teria de ser reduzida para 300 m. A esta altura, a superfície abrangida por imagem é de apenas 4.15 ha, mantendo os pressupostos de utilização da objectiva de ângulo normal ($f=28\text{ mm}$). A utilização destas imagens tem vantagens para a determinação da altura das árvores, devido ao grande rebatimento para a periferia. Mas na avaliação da sanidade do castanheiro poderá existir dificuldade na classificação dos estragos pela elevada persistência de sombras.

A qualidade das imagens obtidas com películas ou com CCD não é muito variável, como foi comprovado através de testes realizados por revistas especializadas em fotografia (Comparatif, 2002; Nunes, 2003). O problema põe-se antes na dimensão do negativo / CCD que influencia a distância focal da objectiva de ângulo normal. Em última análise, é a qualidade do sistema óptico, conjugada com correctas aberturas e velocidades do obturador, que determinam a precisão cromática da imagem (Weiss, 2001). Podem obviamente existir erros a jusante da captação das fotos ou imagens digitais, devido ao processamento da película, à digitalização, gravação e transmissão de ficheiros. Mas se a captação não for feita nas melhores condições a FAPF jamais poderá ser corrigida.

É com base no pressuposto explicado acima que se faz a estimativa dos custos dos vários subsistemas fotográficos, a uma projecção de 5 anos. Nesta projecção admitimos que o valor de *GSD* (0.22 m) é igual para os vários equipamentos e portanto, há diferenças no número de fotografias necessárias para cobrir uma área idêntica à deste estudo (6 freguesias de Valpaços). Os custos referentes à fotointerpretação e missões aéreas são também afectados sendo proporcionalmente superiores quando há necessidade de maior número de fotos para a mesma área (Quadro 3).

Apesar do preço inicial do equipamento de 70 mm ser superior aos outros, é rentabilizado no médio prazo (Quadro 3). Em oposição, temos o sistema digital, sem custos relativos a películas, processamento e digitalização, mas mais caro nas tarefas de aquisição e interpretação de imagens. Assim, o sistema de 35 mm parece ser a opção mais equilibrada.

Quadro 3. Custos acumulados ao longo de 5 anos para aquisição de FAPMF e FA digital para o mesmo valor de *GSD* (0.22 m). Os preços (Euro) do 1º ano são reportados a 2001, considerando-se a taxa de juro anual de 2 % para os 4 anos seguintes.

	<i>Médio formato (MF)</i>	<i>Pequeno formato (PF)</i>	<i>Digital</i>
<i>1º Ano</i>			
Equipamento fotográfico	4 500	500	3 000
Acessório	150	100	250
Consumíveis	50	50	50
Películas	150	250	0
Digitalização	100	150	0
Fotointerpretação e missões	1 000	1 600	2 800
<i>2º ao 5º ano</i>			
Equipamento (juros)	360	40	240
Acessório (juros)	12	8	20
Consumíveis	204	204	204
Películas	612	1 020	0
Digitalização	408	612	0
Fotointerpretação e missões	4 080	6 528	11 424
TOTAL (5 anos)	11 626	11 062	17 988

Todavia, assiste-se ao gradual decréscimo do preço das câmaras fotográficas digitais e ao aumento das dimensões dos sensores do tipo CCD para valores idênticos ao formato de 35

mm (Nunes, 2003). A imagem gravada tem custo muito reduzido, é rapidamente disponibilizada e possui maior rigor geométrico.

Contrariamente às películas, os sensores CCD têm uma estrutura rígida, estando à partida garantida a planura da sua superfície e a possibilidade de determinação precisa do ponto principal (Warner e Slaattelid, 1997). Isso já não sucede no pequeno formato, habitualmente sem sistema de vácuo por trás da película e sem apresentação de marcas fiduciais, logo, com limitações para fotogrametria. Além disso, durante o processo de digitalização de negativos ou diapositivos podem ser introduzidos erros geométricos adicionais, devido aos sistemas ópticos e eléctrico-mecânicos do scanner (Thomas *et al.*, 1995) Pelas razões referidas, é preferível a substituição da película de PF pelo equipamento mais recente.

Do exposto, devemos concluir que para monitorizar a sanidade de castanhais, por detecção remota, se deve utilizar os seguintes sistemas de FAPMF:

<u>Equipamento</u>	<ul style="list-style-type: none">. Câmara fotográfica digital com CCD idêntico à película de 35 mm (24x36 mm);. Câmara fotográfica de 70 mm; Objectivas de ângulo normal.
<u>Imagens</u>	<ul style="list-style-type: none">. Policromadas, no sistema digital;. IVC, no médio formato.
<u>Resolução</u>	<ul style="list-style-type: none">. Dimensão do <i>pixel</i>, 0.014 mm;. Dimensão do <i>pixel</i> relativamente ao solo (GSD), 15 a 25 cm;. Altura de voo, 550 a 900 m.

Na monitorização da sanidade de castanhais deve também tirar-se partido de ambos os tipos de imagens. De IVC, no médio formato, devido a uma melhor detecção da perda de reflectância no infravermelho próximo das árvores doentes.

Por outro lado, a distinção de castanheiros com diferentes classes de estrago também se pode basear nos tons de verde. Região do espectro onde a visão humana distingue mais facilmente a cor. É também nesta banda que os fabricantes procuram melhorar a qualidade, perspectivando-se uma evolução muito favorável das imagens a cores, obtidas por equipamento digital.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRO 179. 2005. Detecção remota da doença da tinta e cadastro da área de castanheiro na Terra Fria de Bragança e Padrela por fotografia aérea de infravermelho próximo. Programa AGRO, Medida 8, Acção 8.1, Relatório Final, Vila Real, UTAD, 73 p.
- Comer, R. P., Kinn, G.; Light, D. and Mondello, C. 1998. Talking digital. *Photogrammetric Engineering* **64** (12):1139-1142.
- Comparatif, 2002. Test – terrain implacable: Canon EOS D60; Fuji Finepix S2 Pro; Nikon D100. *Chasseur d'Image* **246**: 148-159.
- Klein, W. H. 1970. Mini-aerial photography. *Journal of Forestry* **168**: 475-478.
- Knapp, K. A., A. Disperati and M. Hoppus. 1998. Evaluation and integration of a color infrared digital camera system into forest health protection programs in the Western United States, Southern Brazil and Anhui province, China. In: *Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal*, Paraná, pp. 127-138.
- Marques, C. P. e J. Aranha. 2000. Apontamentos de Detecção Remota. UTAD, Vila Real, 121 pp.
- Martins, L. M., M. I. Lufinha, C. P. Marques and C. G. Abreu. 2001b. Small format aerial photography to assess chestnut ink disease. *For. Snow Landsc. Res.* **76** (3): 357-360.

- Martins, L. M. 2004. Monitorização da doença da tinta do castanheiro com fotografia aérea de pequeno formato. Tese de Doutoramento, UTAD, Vila Real, 247 p.
- Myers, B. J. 1984. Hail damage in Australian pine plantations. II aerial photographic techniques for mapping the damage. *Australian Forestry* **47** (2): 115-118.
- Nunes, J. 2003. As reflex para amadores estão a chegar. *Foto Digital* **14**: 30-33.
- Olson, C. E. 1983. Detection of forest stress with 35 mm color photographs. In: *Ninth Biennial Workshop on Color Aerial Photography in the Plant Sciences*, pp. 45-50.
- Schuler, C. A. B. 1995. Avaliação de danos causados por *Dirphiopsis epiolina* R. Felder em povoamentos de bragançina – *Mimosa scabrella* Bentham -, manejados pelo sistema tradicional através de fotografias aéreas de pequeno formato. Tese de Doutoramento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 208 pp.
- Shearer, B. and R. Bailey. 1989. The fight against jarrah dieback. *Landscape* **5** (1): 38-44.
- Thomas, P. R., J. P. Mills and I. Newton. 1995. An investigation into the use of Kodak Photo CD for digital photogrammetry. *Photogrammetric Record* **15** (86): 301-314.
- Warner, W. S. and B. R. Slaattelid. 1997. Multiplotting with images from the Kodak DCS420 digital camera. *Photogrammetric Record* **15** (89): 665-672.
- Weiss, S. A. 2001. A little off the top. *Photonics Spectra* **July**: 108-110.
- Woodcock, W. E. 1976. Aerial reconnaissance and photogrammetry with small cameras. *Photogrammetric Eng. and Remote Sensing* **42** (4): 503-511.