

FOTOGRAFIAS AÉREAS DE 35, 70 mm OU DIGITAIS NA MONITORIZAÇÃO DA DOENÇA DA TINTA DO CASTANHEIRO

MONITORING OF CHESTNUT INK DISEASE BY AERIAL PHOTOGRAPHY ON 35, 70 mm OR DIGITAL FORMATS

Luís Miguel Martins ¹; João Paulo Castro ²; Fernando Wolfango Macedo ¹

¹ Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, CEGE, Vila Real, Portugal; ² Escola Superior Agrária Bragança, Portugal
e-mail: ¹ lmartins@utad.pt; fvmacedo@zmail.pt; ² jpmmc@ipb.pt

RESUMO

A monitorização da dispersão da doença da tinta do castanheiro (*Castanea sativa*), requer metodologias de avaliação de baixo custo. A Fotografia Aérea de Pequeno Formato (FAPF) é uma possibilidade válida por facilmente se poder escolher a melhor escala e sensibilidade das películas. Neste estudo utilizaram-se vários subsistemas de FAPF. Adaptaram-se as câmaras numa plataforma retráctil e ao avião Cessna 172, obtendo-se FAPF à mesma altitude no sistema digital, em películas policromadas (70 mm) e em infravermelho colorido (IVP) de 35 mm de povoamentos do Norte de Portugal. As imagens aéreas foram comparadas relativamente à discriminação de classes de estrago de castanheiros observados no campo. Os custos do equipamento, obtenção de imagens e de fotointerpretação, foram também determinados. Concluiu-se que as imagens policromadas podem ser usadas na avaliação dos estragos mas nas de IVP detecta-se melhor o início do declínio, sobretudo se sujeitas a algoritmos de processamento digital. As fotos de 70 mm superam as restantes pela maior área de terreno para o mesmo tamanho do pixel. Tendo custo inicial mais elevado este é rentabilizado a longo prazo, pelo menor custo na fotointerpretação e melhor estabilidade dos voos maior altitude.

Palavras-chave: *Castanea sativa*, películas fotográficas, *Phytophthora cinnamomi*, detecção remota.

ABSTRACT

The monitoring of chestnut ink disease, induced by *Phytophthora cinnamomi*, needs low cost techniques. Small Format Aerial Photography (SFAP) is a good way to get images with many scales or light sensibilities. In this study several kinds of SFAP were taken using a retractile rig adapted on Cessna 172 aircraft. Color aerial images in 70 mm format, color infrared images (CIR) in 35 mm format, and digital images were obtained over chestnut trees (*Castanea sativa*) in North Portugal, affected with different levels on damage. Costs of photographic assessment of the disease were compared to ground truth observations. The color images can be used on chestnut decline evaluation, but the IVP images give more precise results in the initial phases of the disease. The 70 mm format equipment gives the best results, due to its higher soil resolution. Although its cost is higher it is preferable because a lower cost of photo-interpretations and more stable flights at higher altitudes.

Keywords: *Castanea sativa*, aerial photography, *Phytophthora cinnamomi*.

INTRODUÇÃO

A doença da tinta é um dos principais problemas fitossanitários dos castanhais portugueses. É habitualmente provocada pelo oomiceta do solo *Phytophthora cinnamomi* Rands, estando associada ao amarelecimento e rarefacção da copa, dieback dos ramos e declínio gradual das árvores infectadas. 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 melhor alternativa às imagens convencionais, devido ao seu menor custo. Contudo, dada a grande variabilidade de subsistemas utilizados em estudos de sanidade florestal, interessa conhecer quais os mais favoráveis ao problema fitossanitário em análise. Por exemplo, o médio formato (MF), com películas de Infravermelho Próximo (IVP), é o sistema mais utilizado para monitorizar o declínio de *Eucalyptus marginata*, na Austrália (Shearer e Bailey, 1989).

Todavia, também já foram usadas películas policromadas de 35 mm para monitorizar ataques de insectos, em povoamentos de resinosas no Estado da Geórgia nos EUA (Klein, 1970). Em ataques por insectos em resinosas, na zona mais a Norte da Península Michigan, Olson (1983) considerou aquelas imagens as mais adequadas.

Myers (1984) usou fotografias a cores e a preto e branco, para avaliar os estragos em florestas australianas de pinheiro. Constatou que havendo sintomas de clorose nas folhas, as películas a cores, sensíveis ao IVC ou não, eram claramente superiores às restantes. Schuler (1995) comparou FAPF policromadas com pancromáticas, para a monitorização dos estragos causados por *Dirphiopsis epiolina* em povoamentos de bragantina (*Mimosa scabrella*) da região metropolitana de Curitiba (Brasil). Verificou também que a fotointerpretação das primeiras era preferível, sobretudo na separação de árvores com alterações subtis na cor da folhagem.

Knapp *et al.* (1998) preferem a utilização de câmaras fotográficas digitais às películas de 35 ou 70 mm. Utilizaram esse equipamento em programas de protecção florestal no Oeste dos EUA, Sul do Brasil e província de Anhui, na China.

Apesar de inúmeros estudos publicados, são poucos os relativos à monitorização da sanidade de castanhais. Assim, ao longo deste trabalho faz-se a avaliação dos melhores subsistemas para quantificar a incidência da tinta em castanhais. A análise desenvolve-se em povoamentos do Norte de Portugal, sendo comparadas observações de campo com os resultados da fotointerpretação de diferentes tipos de imagens, obtidas nos mesmos pontos de amostragem.

Neste estudo são também usados algoritmos de classificação de imagens digitais, com registo de múltiplas bandas espectrais, algumas das quais fora do espectro visível, possibilitam ultrapassar as capacidades do olho humano na distinção dos objectos, pela sua assinatura espectral e assim tirar mais partido da informação registada nessas imagens (Richards, 1986; Richards e Jia, 1998; Eastman, 2001).

O melhor algoritmo de classificação das FAPF para detecção de árvores afectadas foi comparado com observações de campo. Além de filtros digitais, avaliou-se diferentes índices de vegetação em FAPF de IVP, i) baseados no declive da recta de regressão entre os pixeis correspondentes à reflectância do V e do IVP; ii) baseados na posição geométrica dos pixeis relativamente a essa mesma recta.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Seleccionou-se uma área de estudo no Norte de Portugal compreendendo 6 freguesias do concelho de Valpaços com 12162 ha. Nessa área delimitaram-se as manchas com castanheiro em ortofotomapas de IVP do Instituto Geográfico Português, que autorizou a utilização dessas imagens para este trabalho.

Na zona delimitada instalaram-se transeptos de 1000 m de comprimento, coincidentes com manchas de castanheiro e com as linhas de voo previstas (Figura 1).

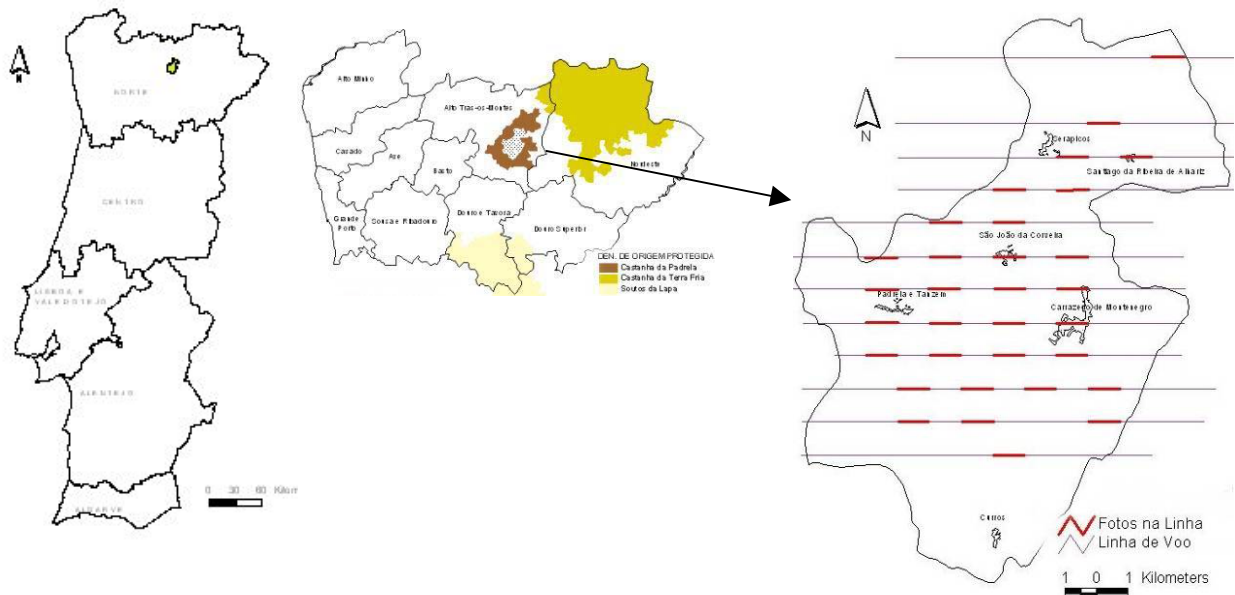


Figura 1. Área de estudo na DOP “Castanha da Padrela” e transeptos para obtenção de imagens aéreas em cada linha de voo.

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.



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

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

A câmara fotográfica digital utilizada possui um CCD (*Charge Coupled Device*), i.e., elemento fotossensível com 15.5x23.3 mm, permitindo obter imagens com 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 (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 (1) é um parâmetro de escala ($1/E$) que, em última análise, depende da distância focal da objectiva (f) e da altura de voo (h):

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

ÍNDICES DE VEGETAÇÃO USADOS NAS FAPF DE INFRAVERMELHO COLORIDO

Para a identificação das classes de estrago de 0 a 4 (4 = árvore morta) dos castanheiros, testou-se em primeiro lugar o Índice Normalizado de Vegetação (NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*). Este índice foi introduzido por Rouse *et al.* (1974), sendo dos mais divulgados e do qual derivam praticamente todos os restantes.

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (2)$$

Testou-se ainda o Índice Perpendicular de Vegetação ($PVI = Perpendicular Vegetation Index$), que permite cancelar a reflectância do solo, sobretudo nos casos onde a vegetação é esparsa e os valores numéricos dos *pixels* resultam das reflectâncias da vegetação e do solo (*pixels mistos*).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de castanheiro, em 1995, nas freguesias em 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). A constatação da evolução da área e da respectiva mortalidade só seria viável com recurso a registos georeferenciados, neste caso possível com FAPF. Apenas por observação directa de campo este aspecto seria muito mais demorado e com custo muito superior (Figura 3).

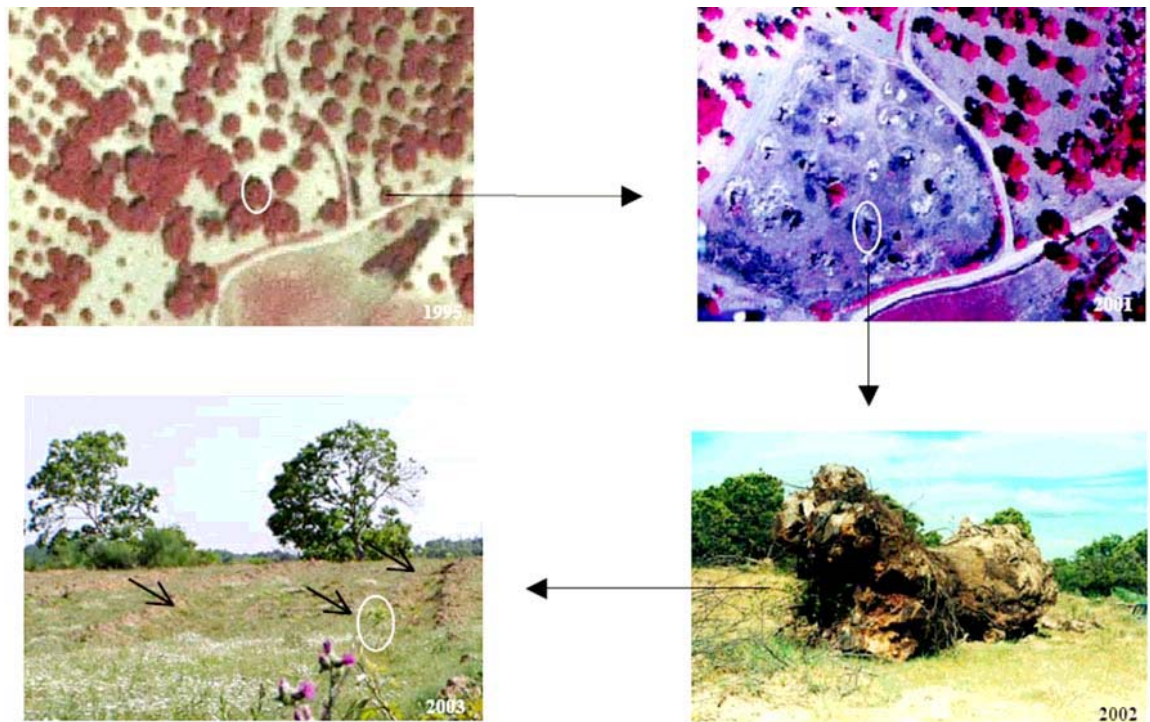


Figura 3: Cronograma de um souto da freguesia de Corveira. A mortalidade das árvores não foi suficiente para causar desânimo ao agricultor, que após a remoção de todas as plantas mortas, reinveste em plantações de castanheiros, tentando deste modo vencer a luta contra a doença da tinta.

FOTOGRAFIAS AÉREAS DE DIFERENTES FORMATOS

Nas 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	pixel 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 / pixel
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).

É com base no pressuposto explicado acima, i.e., o valor de *GSD* que se fez 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).

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 agregado (4 pixels)	0.056	0.056	0.056	mm
<i>GSD</i> / agregado	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	

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.

Quadro 3. Custos acumulados ao fim de 5 anos para aquisição de FAPF para o mesmo valor de *GSD* de 0.22 m. Os preços do 1º ano são reportados a 2001, considerando-se a taxa de juro anual de 2 % para os 4 anos seguintes.

	Médio formato (70 mm)	Pequeno formato (35 mm)	Digital
<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 (Euros)	11 626 €	11 062 €	17 988 €

ÍNDICES DE VEGETAÇÃO USADOS NAS FAPF DE INFRAVERMELHO COLORIDO

A análise das FAPF de IVP revelou a influência bem marcada da reflectância do solo. Deve-se à baixa densidade do castanheiro instalado em soutos e à ausência de vegetação no sub-coberto. A grande influência do solo dificulta a utilização do *NDVI* para detecção de árvores jovens ou para a identificação de árvores com maior transparência de copa (classes de estrago 3 e 4). Por outro lado, com a utilização do Índice de Vegetação Perpendicular (*PVI_I*), proposto por Perry e Lautenschlager (1984), a discriminação visual dos castanheiros mais afectados é melhor.

$$PVI_I = \frac{b.IVP - V + a}{\sqrt{b^2 + 1}} \quad (4)$$

Um exemplo do resultado da classificação é apresentado na Figura 4. Na figura a imagem é ajustada a um conjunto de cores, cujo padrão é o utilizado em todas as restantes.

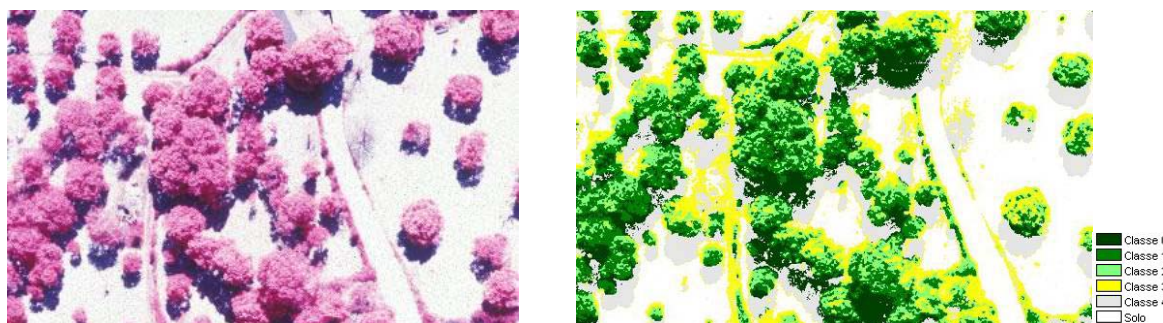


Figura 4. À esquerda, imagem IVP; à direita, a mesma imagem classificada com os pixels classificados em 6 grupos (0-4 = classes de estrago + solo).

CONCLUSÕES

Neste estudo constatou-se que o Médio Formato é a melhor opção para a monitorização da dispersão da doença da tinta. 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 na 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.

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 para planificação 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 electro-mecânicos do scanner (Thomas *et al.*, 1995) Pelas razões referidas, é preferível a substituição da película de PF pelo equipamento mais recente.

Do exposto, poderemos concluir que para monitorizar a sanidade de castanhais, por detecção remota, se deve utilizar o sistema IVC, no médio formato, devido a uma melhor detecção da perda de reflectância no infravermelho próximo das árvores doentes. As fotografias IVP são bem mais acessíveis nos sistemas analógicos, pois o custo das câmaras digitais sensíveis a esta banda é ainda muito elevado. A película utilizada neste estudo foi adequada, mas exige cuidados especiais. *i)* armazenamento (-18 °C) por curtos intervalos de tempo; *ii)* instalação e remoção da película no equipamento fotográfico em câmara escura; *iii)* gradação correcta da amplitude durante a captação das fotografias; *iv)* período pré-processamento o mais curto possível, com conservação a temperaturas negativas; *v)* selecção laboratórios fotográficos com capacidade para desenvolver o processo *E6* sem sistemas de luz infravermelha para a contagem e controlo dos “frames” da película.

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. 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, 2005.

COMER, R. P., KINN, G.; LIGHT, D. AND MONDELLO, C. Talking digital. *Photogrammetric Engineering* 64 (12):1139-1142, 1998.

COMPARATIF, Test – terrain implacable: Canon EOS D60; Fuji Finepix S2 Pro; Nikon D100. *Chasseur d'Image* 246: 148-159, 2002.

EASTMAN, J. R. IDRISI Guide to GIS and Image Processing. Vol. 2, Clark University, IDRISI 32 Release Two, 144 pp., 2001.

KLEIN, W. H. Mini-aerial photography. *Journal of Forestry* 168: 475-478, 1970.

KNAPP, K. A., A. DISPERATI AND M. HOPPUS. 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, 1998, p. 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. Small format aerial photography to assess chestnut ink disease. *For. Snow Landsc. Res.* 76 (3): 357-360, 2001.

MARTINS, L. M. Monitorização da doença da tinta do castanheiro com fotografia aérea de pequeno formato. Tese de Doutoramento, UTAD, Vila Real, 247 p., 2004.

- MYERS, B. J. Hail damage in Australian pine plantations. II aerial photographic techniques for mapping the damage. *Australian Forestry* 47 (2): 115-118, 1984.
- NUNES, J. As reflex para amadores estão a chegar. *Foto Digital* 14: 30-33, 2003.
- OLSON, C. E. Detection of forest stress with 35 mm color photographs. In: *NINTH BIENNIAL WORKSHOP ON COLOR AERIAL PHOTOGRAPHY IN THE PLANT SCIENCES* 1983, p. 45-50.
- PERRY, C. Jr. and L. F. LAUTENSCHLAGER. Functional Equivalence of Spectral Vegetation Indices. *Remote Sensing of the Environment* 14: 169-182, 1984.
- RICHARDS, J. A. *Remote sensing digital image analysis*. Springer, Berlin, 280 pp., 1986.
- RICHARDS, J. A. and X. JIA. *Remote sensing digital image analysis*. Springer, Berlin, 363 pp., 1998.
- ROUSE, J. W. Jr., R. H. HAAS, D. W. DEERING, J. A. SCHELL AND J. C. HARLAN. Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation. NASA/GSFC Type III Final Report, Greenbelt, MD., 371, 1974.
- SCHULER, C. A. B. Avaliação de danos causados por *Dirphiopsis epiolina* R. Felder em povoamentos de braganquina – *Mimosa scabrella* Bentham -, manejados pelo sistema tradicional através de fotografias aéreas de pequeno formato. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 208 pp., 1995.
- SHEARER, B. AND R. BAILEY. The fight against jarrah dieback. *Landscape* 5 (1): 38-44, 1989.
- THOMAS, P. R., J. P. MILLS and I. NEWTON. An investigation into the use of Kodak Photo CD for digital photogrammetry. *Photogrammetric Record* 15 (86): 301-314, 1995.
- WARNER, W. S. and B. R. SLAATTELID. Multiplotting with images from the Kodak DCS420 digital camera. *Photogrammetric Record* 15 (89): 665-672, 1997.
- WEISS, S. A. A little off the top. *Photonics Spectra* July: 108-110. 2001.
- WOODCOCK, W. E. Aerial reconnaissance and photogrammetry with small cameras. *Photogrammetric Eng. and Remote Sensing* 42 (4): 503-511, 1976.