

# DETECÇÃO REMOTA DE RECURSOS FLORESTAIS EM PORTUGAL: Realidades e Perspectivas

F. Wolfango de Macedo

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro • Apt. 202, 5000 Vila Real, Portugal

Tel: 351-059-324338 • Fax: 351-59-321944 • E-mail: wmacedo@utad.pt

**Resumo:** *É apresentada a situação actual de Portugal relativamente aos seus recursos florestais e aos problemas graves que os afectam, tais como os fogos florestais. Chama-se a atenção para um conjunto de modernas tecnologias, entre as quais a detecção remota e os sistemas de informação geográfica, apontando-se as vantagens da sua maior difusão e uso para análise e gestão desses recursos. Referem-se ainda algumas dificuldades e sugerem-se algumas vias para se alcançar esse objectivo.*

**Palavras Chave:** *sensoriamento remoto; sistemas de informação geográfica; inventário florestal; manejo florestal.*

**Abstract:** *After an overview of the composition and economic value of forest resources in Portugal, some problems related to them are indicated, namely forest fires. Some technologies are suggested for the study and management of those resources, as remote sensing and geographic information systems. Some difficulties which retard the diffusion and better use of those technologies are pointed out and a few ways are suggested to increase their application.*

**Keywords:** *remote sensing; geographic information systems; forest survey; forest management.*

## 1. Distribuição e Composição da Floresta

A superfície de Portugal continental mede 8,9 milhões de ha. A floresta ocupa cerca de 3,2 milhões de ha, área que corresponde a cerca de 44% da superfície agrícola e a cerca de 33% do território do continente (Gráfico 1).

A taxa de florestação dos distritos de Portugal continental mostra-se no Mapa 1. Essa taxa varia entre os 15 e 50 %. As áreas florestais localizam-se predominantemente a Norte do rio Tejo e as áreas agro-florestais e de silvo-pastorícia a Sul.

A distribuição patrimonial das áreas florestais é a que consta do Gráfico 2. Verifica-se a predominância do sector privado, o que dificulta a intervenção directa do Estado no ordenamento florestal e na aplicação de regulamentação de natureza técnico-económica, situação agravada pelo elevado número de explorações privadas (cerca de 400 000) e pela sua diminuta área média (5,7 ha).

A composição da floresta em Portugal é descrita no Gráfico 3. O pinheiro bravo, a espécie mais abundante, ocupa uma área de cerca de 1,25 milhões de ha, correspondente a 40% da área florestada. A distribuição geográfica dos diferentes tipos de povoamentos mostra-se no Mapa 2.

Portugal é o país com maior taxa de florestação entre os doze países da Comunidade Europeia(1994).

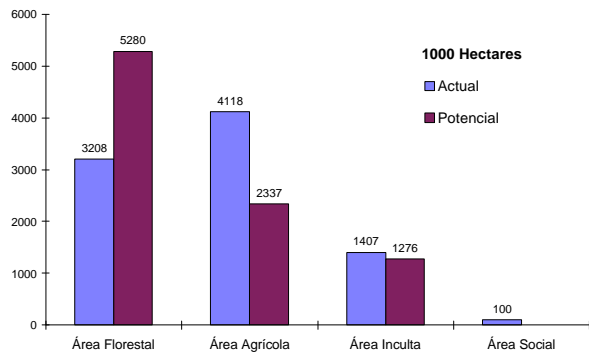


Gráfico 1 - Utilização Actual e Potencial do Solo (1992).

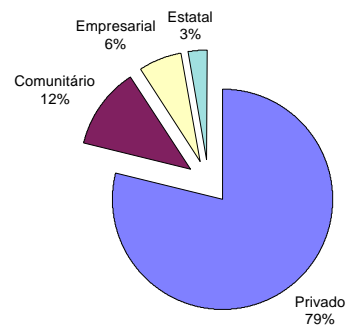
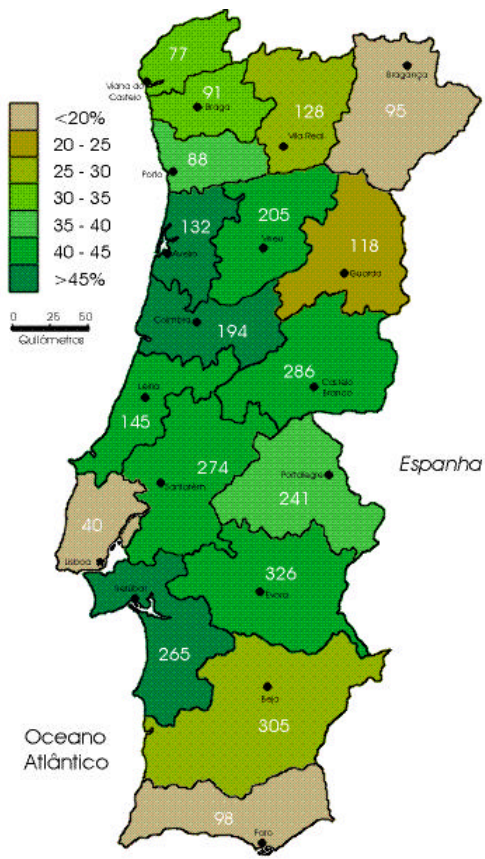
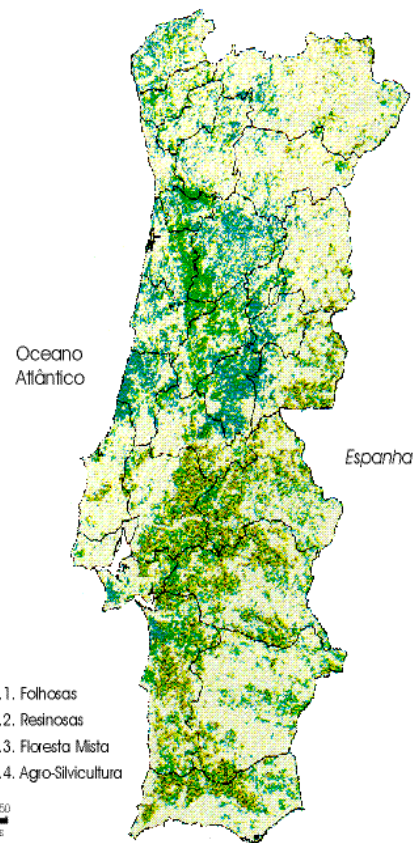


Gráfico 2 - Regime da Propriedade florestal.



Áreas florestadas de cada distrito, em milhares de hectares, inscritas no mapa.

Mapa 1 - Taxas de florestação.



Mapa 2 - Distribuição Geográfica dos Povoamentos.

## 2. Economia dos Recursos Florestais

O sector florestal português desempenha um papel importante no contexto da economia nacional, visto que:

- mantem cerca de 65 000 postos de trabalho na indústria transformadora de produtos florestais, que gerou em 1993 um produto rondando os 1 400 milhões de dollars;
- mantem cerca de 35 000 postos de trabalho na silvicultura, que gerou em 1993 um produto de cerca de 825 milhões de dollars;
- satisfaz quase totalmente as necessidades do consumo interno de produtos florestais;
- produz um saldo positivo de comércio externo, no montante de cerca de 1000 milhões de dollars em 1992 (Gráfico 4) que ajuda a atenuar o déficite da balança comercial portuguesa; esse saldo tem vindo a crescer nas últimas décadas (Gráfico 5).
- possibilita actividades e serviços de grande importância económica e social, como turismo, recreio, desporto (caça e pesca), apicultura, silvo-pastorícia, paisagem, etc.

O Gráfico 6 mostra a evolução do valor económico dos produtos florestais portugueses no quinquénio 1987-91.

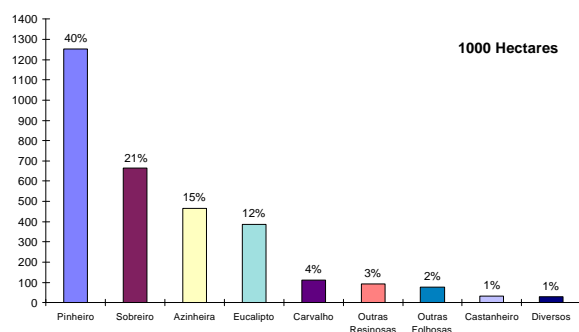


Gráfico 3 - Composição da Floresta (área ocupada).

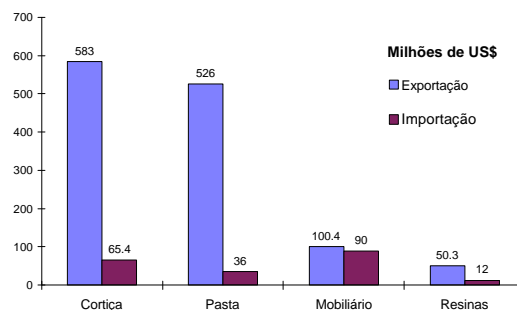


Gráfico 4 - Comércio Externo de Prod. Florestais em 1992.

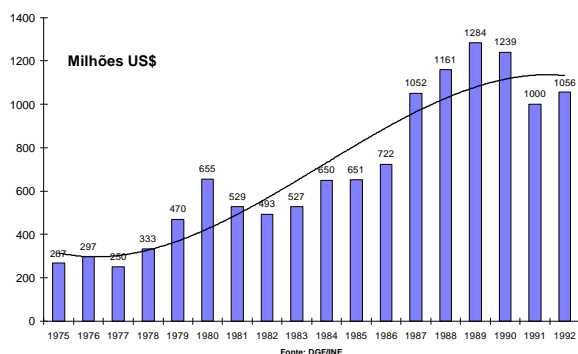


Gráfico 5 - Saldo do Comércio Externo de Produtos Florestais.

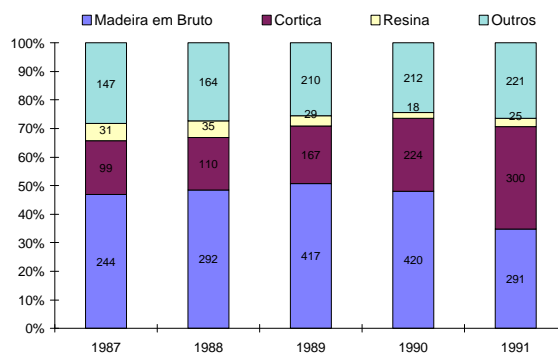


Gráfico 6 - Valor dos Produtos Florestais (milhões de US\$).

### 3. Instrumentos e Técnicas para Inventário e Gestão de Recursos Florestais.

Pressões de natureza económica, social, cultural e política exercem-se com intensidade crescente relativamente à gestão dos recursos naturais nacionais, tentando impor interesses e filosofias particulares. Entre esses recursos assumem significado especial os recursos florestais, pela sua importância económica e social, e ainda pelos valores ambientais, ecológicos, paisagísticos e culturais deles dependentes.

As indústrias de celulose necessitam de matéria-prima abundante e barata, e tentam portanto incrementar as áreas de povoamento de espécies exóticas de rápido crescimento, caso do *Eucalyptus globulus* (Portucel *et al.*, 1996). Opondo-se a esse interesse surgem as pressões das organizações ecologistas e ambientais, apoiadas pelas populações locais, clamando contra os perigos da *eucaliptização*, acusada de causar a exaustão dos aquíferos subterrâneos e dos solos. Associações de caçadores cobiçam matas e terras florestadas para coutadas, provocando os protestos de agricultores, de caçadores livres e de ecologistas. Campistas e amantes de veículos todo-o-terreno em número crescente utilizam cada vez mais as matas e florestas. Os operadores turísticos, promotores do turismo rural e ecológico, da equitação e do golf, pugnam pela existência de espaços verdes, não poluídos e com beleza paisagística, condições indispensáveis para a expansão da sua actividade. A opinião pública protesta contra a incúria na gestão dos matos e pinhais, e a pouca vigilância das florestas, sujeitas a fogos que devoram anualmente vastas áreas. As populações rurais reclamam os seus direitos tradicionais sobre áreas baldias, contra a cobiça do poder local, de urbanistas e empreiteiros. Pastores fazem queimadas em matos para renovação de pastos naturais, necessários para alimentar os seus rebanhos, que por vezes devoram também as jovens plantas em áreas recentemente arborizadas.

Neste quadro de conflitos e motivações legítimas e menos legítimas terá o Estado que intervir cada vez mais, impondo normas e regulamentos que conciliem os diversos interesses e protejam os recursos florestais nacionais, garantindo a sua preservação e renovação, e fomentando técnicas de exploração racionais, no contexto de uma economia florestal sustentada. Alguma legislação tem sido promulgada nesse sentido, por exemplo, a proibição de uso de áreas ardidas para fins urbanísticos durante um período de dez anos após um fogo; a intervenção do Estado no repovoamento e gestão de parcelas florestais abandonadas; imposição de penas mais rigorosas contra incendiários, etc. Programas de fomento florestal têm sido lançados, nomeadamente o *PAF* - Programa de Acção Florestal. A Lei de Bases da Política Florestal (Lei nº33/96) define os objectivos e os instrumentos de uma nova política florestal nacional.

Falta, no entanto, avaliar rigorosamente os resultados das medidas promulgadas, reforçá-las se necessário, e lançar programas com financiamento e gestão adequados, com o objectivo de fomentar o emparcelamento da propriedade florestal, proibindo a sua fragmentação, por sucessão, qualquer que seja a sua área, fomentar o associativismo dos proprietários florestais, impor normas sobre a gestão da propriedade florestal, especialmente a prova de capacidade de gestão técnico-financeira autónoma dos seus proprietários, com entrega compulsória dessa gestão ao Estado ou a associações florestais, no caso de falta dessa capacidade. Esta última medida é urgentemente necessária, face ao quadro de calamidade dos fogos florestais; e, atendendo ao valor ecológico e ambiental da floresta para a comunidade nacional, tão justificável como as medidas de quarentena impostas usualmente em casos de epidemias graves.

Mas esses objectivos e medidas exigem métodos de gestão e a utilização de meios e técnicas apropriados, e a formação de técnicos capazes de os aplicarem ao nível regional e local, possibilitando tomadas de decisão atempadas, de acordo com princípios aceites internacionalmente e que conciliem os

interesses dos proprietários, dos múltiplos utilizadores da floresta, do Estado, das organizações não-governamentais, e dos defensores do ambiente e da conservação da natureza. Entre esses princípios figuram os seguintes:

1. A gestão das florestas deve ser feita de acordo com as leis e os regulamentos nacionais, e com os princípios estabelecidos em acordos internacionais;
2. O cadastro florestal deve estabelecer claramente os limites das áreas florestadas ou com aptidão florestal e as suas características;
3. Os direitos legais e consuetudinários das comunidades locais devem ser reconhecidos e respeitados;
4. A gestão florestal deve ter em conta os valores sociais, culturais e económicos, ligados à floresta, tanto no que respeita aos direitos dos proprietários, como das comunidades locais e da colectividade nacional em geral;
5. A gestão florestal deve conservar a biodiversidade natural e os diversos recursos da floresta: a água, os solos, a fauna, a flora e a paisagem, preservando a ecologia e a integridade das áreas florestais;
6. A gestão florestal deve fazer-se de acordo com regras e planos claramente estabelecidos, que tenham em conta as escalas das explorações florestais, e que estipulem claramente os objectivos e meios para os atingir;
7. Devem estabelecer-se meios de monitorização das áreas florestais, de modo a conhecer o seu estado de conservação, o tipo de exploração, a sua produção e os efeitos ambientais derivados das diversas técnicas de exploração utilizadas;
8. Ecossistemas florestais naturais e povoamentos florestais de especial interesse ambiental, social, paisagístico e cultural devem merecer cuidados especiais de conservação, e devem ser defendidos contra agressões que possam degradá-los ou diminuí-los, devendo-se pelo contrário ampliá-los e melhorá-los.

Esses princípios orientadores estão consignados na Lei de Bases da Política Florestal de 1996.

Afortunadamente, estão ao dispor do inventário, gestão e ordenamento florestais modernas técnicas de grande eficácia, operacionalidade, simplicidade e baixo custo, que facilitam enormemente a aplicação prática dos princípios e objectivos atrás referidos. Devem portanto ser divulgadas e aplicadas, visto terem actualmente a capacidade de satisfazer as múltiplas necessidades dos agentes nesses domínios. É a esses meios e técnicas que dedicaremos essencialmente a nossa atenção seguidamente, referindo o seu estado actual e tendências previsíveis, bem como as condições e carências que dificultam ou impedem a sua maior difusão e utilização em Portugal.

### **3.1 Sistemas de Informação Geográfica.**

O progresso das tecnologias digitais, na opto-electrónica, na micro-informática, nas telecomunicações, no controlo remoto, e o avanço concomitante em disciplinas científicas tais como a computação numérica e gráfica, o processamento de sinais e de imagens digitais, a organização de estruturas de bases de dados relacionais, etc., permitiram o advento dos sistemas de informação geográfica (SIG), dos sistemas de sensoriamento remoto (SSR), dos sistemas de fotogrametria digital (SFD), e dos sistemas de posicionamento geodésico por satélites (GPS).

Essas tecnologias tendem a tornar-se cada vez mais flexíveis, com custos decrescentes e com maiores possibilidades de integração em sistemas de complexidade variável, consoante as necessidades de aplicação de cada utilizador. Assumem um papel cada vez mais importante no inventário e gestão dos recursos naturais, especialmente quando aplicadas ao nível regional, nos países mais desenvolvidos e tecnicamente avançados. Mas em muitos países a sua difusão tem sido lenta, devido às carências de técnicos e de investigadores e ainda às limitações dos mercados da informação, que resultam do estágio de desenvolvimento económico e social desses países. Mas essa situação poderá modificar-se rapidamente, de um modo geral, em todo o Mundo.

Estão hoje disponíveis múltiplas configurações de *hardware* e versões de *software* para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG), integrando excelentes capacidades gráficas, estatísticas e topológicas e com capacidade de processamento e classificação de imagens digitais, cujo custo ronda os 3 000 dollars. Essas versões têm actualmente a capacidade de resolver a maior parte dos problemas que surgem normalmente no inventário, gestão e análise espacial dos recursos florestais. Não é assim por razões de custos que esses sistemas não se encontram tão difundidos quanto seria necessário. As razões residem, pensamos, nas seguintes circunstâncias:

1. Um sistema de informação geográfica (SIG) não gera informação. Apenas tem a capacidade de transformar e de relacionar dados georeferenciados, introduzidos em formas textuais, numéricas, ou gráficas, por processamento digital, em outras formas textuais, numéricas ou gráficas georeferenciadas. Significa isto que a recolha da informação geográfica que um SIG processa é uma tarefa exterior e necessária à operação do sistema;
2. A recolha de informação relativa ao espaço físico é a mais custosa das operações necessárias para o estabelecimento de um SIG. Essa recolha pode fazer-se por observações ou medições directas efectuadas no terreno ( método tradicional, cada vez menos utilizado e muito caro), a partir de dados georeferenciados ou produtos cartográficos pré-existentes, ou ainda utilizando SSR, SFD e GPS (método actual, cada vez mais usado e ainda caro);
3. Qualquer que seja o método utilizado, a recolha de informação geográfica deve ser planificada, devendo o tipo, forma e rigor da informação recolhida estar adaptada aos objectivos do SIG. Esta planificação exige conhecimentos científicos sobre a matéria em estudo e familiaridade com as técnicas usadas. Daí a necessidade de formação e treino em níveis adequados de gestores, técnicos e operadores, que devem trabalhar em equipas multidisciplinares e coesas (Macedo, 1990);
4. A manutenção de um SIG é um processo tão dinâmico quanto a realidade para cujo estudo, análise e monitorização esse SIG foi estabelecido. Daqui resulta a necessidade de actualização permanente da informação, dos métodos, das técnicas e da formação de pessoal, o que levanta problemas de natureza institucional;

As circunstâncias acima enumeradas devem ser seriamente consideradas quando se pretende a criação de um SIG, pois muitas tentativas fracassam por não se atender convenientemente a alguma dessas circunstâncias. Caso típico: um organismo governamental regional, utilizando verbas destinadas a financiar projectos de investigação, adquire “chave-na-mão” um sofisticado sistema informático com óptimos componentes de *hardware* e *software* para criação de SIGs. Tenta treinar técnicos superiores e operadores do sistema, através de cursos intensivos facultados pelo próprio vendedor. Mas não existem nesse organismo planos e projectos bem definidos, com financiamento garantido para a recolha de informação destinada aos SIGs, de modo a manter em plena actividade no futuro esses profissionais, nem perspectivas de promoção em carreira. Dentro de pouco tempo, solicitados por outros organismos

que necessitam de técnicos e operadores com treino em idêntico tipo de sistema, saiem em massa. Qual foi o resultado positivo desta experiência? Alguma formação técnico-profissional facultada pelo organismo, embora não seja tal tarefa o seu mister. Quais os resultados negativos? Precioso tempo perdido, um sistema obsoleto e inutilizado, desorientação e desmoralização entre o restante pessoal, muito desperdício...

Este caso típico repete-se infelizmente com muita frequência em Portugal, merecendo portanto alguma meditação. Julgo que o fracasso se deve frequentemente à inexistência ou imaturidade de um mercado capaz de fornecer informação geográfica básica, em forma digital (altimetria digitalizada, modelos digitais de terreno, fotografia e ortofotografia digital, videografia aérea, cartas digitais em diversas escalas, etc.), no mais variado tipo de suportes e com preços baixos, respeitante às áreas de interesse específico dos diversos tipos de utilizadores, e acessível através de redes de comunicação de dados, de modo que os SIG tenham *inputs* adequados e prontos.

Penso ainda que, enquanto esse mercado não se desenvolve, devem os diversos organismos públicos que coligem informação de natureza geográfica facultar esse tipo de informação a um preço próximo do custo dos suportes (admitindo que a digitalização da informação foi já realizada como tarefa de rotina e paga pelo Orçamento Geral do Estado), de forma a promover a utilização crescente dos SIG. Somente desse modo a informação existente sobre os nosso território e seus recursos naturais, armazenada nesses organismos, se converterá em riqueza nacional, pelos diversos estudos e conhecimento que possibilitará. Basta pensar na possibilidade de veiculação dos resultados desses estudos através das tecnologias multimédia e das redes de comunicação de dados, acessíveis a imensos utilizadores, entre os quais os estudantes de Geografia de escolas e Universidades.

O desenvolvimento da tecnologia GPS, que permite a obtenção de controlo terrestre com baixo custo e rapidez, necessários à aplicação das tecnologias de detecção remota e dos SIG, dependerá da instalação de uma rede nacional de estações-base para recepção dos sinais do sistema de satélites NAVSTAR, o que possibilitaria a obtenção de coordenadas terrestres com elevada precisão, por utilização desse sistema em modo diferencial, com pós-processamento ou em tempo real. Dever-se-ia portanto instalar um conjunto de receptores-emissores GPS geodésicos, cobrindo o território continental, para o que bastariam algumas estações colocadas em Universidades com Departamentos de Engenharia de Telecomunicações, ou em Observatórios Astronómicos encarregados da sua operação, e que poderiam localizar-se no Porto, Vila Real, Aveiro, Coimbra, Lisboa, Évora e Faro.

Outra iniciativa que facilitaria a utilização da tecnologia da detecção remota seria a obtenção de coordenadas UTM, por utilização de GPS geodésico de pontos notáveis do território nacional, tais como centros de rotundas nos cruzamentos de estradas e vias públicas, centros de campo de futebol, marcos da rede geodésica nacional, etc., que constituiriam uma apertada rede de pontos de controlo terrestre para fins de registro geométrico de imagens de satélite. Esta iniciativa compete evidentemente ao Instituto Geográfico e Cadastral.

### **3.2 Detecção Remota por Satélites**

As tecnologias opto-electrónicas que estão na base do sensoriamento remoto por satélites têm tido um progresso espetacular. Vários países conseguiram já o domínio integral das tecnologias espaciais, tanto relativas à construção de satélites e sensores remotos, como do seu lançamento e controlo em órbita: Estados Unidos, Rússia, França, Japão, Índia, China, África do Sul. Grande parte dessa tecnologia foi desenvolvida inicialmente para fins de defesa, mas está actualmente, após a “guerra fria”, a ser progressivamente transferida para fins comerciais, estando disponível no mercado internacional.

Um dos desenvolvimentos mais recentes na liberalização desse mercado tecnológico é o lançamento de satélites comerciais para observação da Terra, através de sensores pancromáticos, com elevada resolução espacial ( $\leq 3$  m), alguns dos quais se indicam no Quadro 1.

Relativamente às imagens captadas pelos satélites *Greenstat* (África do Sul) e *Eyeglass* (USA) é possível contratar a exclusividade de capturas de imagens sobre o espaço aéreo de um determinado País (Gupta, 1996). Julgamos que o Governo Português se deveria apressar na obtenção desse direito relativamente ao território de Portugal Continental, constituindo assim um arquivo nacional de informação geográfica digital ( tarefa que compete ao CNIG), a ser posto à disposição das instituições que em Portugal se dedicam à investigação, ensino, defesa e estudo do nosso património natural e cultural. Apenas desse modo as tecnologias da detecção remota e dos SIG terão generalizada aplicação e desenvolvimento no nosso País.

**Quadro 1** - Imagens de satélites com elevada resolução espacial ( $\leq 3$ m)

<b>País</b>	<b>África do Sul</b>	<b>Rússia</b>	<b>Estados Unidos</b>		
<b>Satélite</b>	GREENSTAT*	KVR-100	WORLDVIEW**	EYEGLOSS	ORVIEW 3
<b>Sensor</b>	1Dim CCD	2Dim CCD	2Dim CCD	1Dim CCD	2Dim CCD
<b>Imagem</b>	Pan	Pan	Pan	Pan	Pan
<b>Espectro (<math>\mu</math>m)</b>	0.5 - 0.9	0.49 - 0.59	0.45 - 0.80	0.5 - 0.9	0.45-0.90
<b>Resolução terreno (m)</b>	1.8	2	3	1	1
<b>Área no terreno (<math>\text{km}^2</math>)</b>	8x5.5	40 x 40	4 x (3 x 3)	15 x 15	8 x 8
<b>GPS</b>	-	-	Sim	Sim	-
<b>Imagem estereo</b>	Sim	-	Sim	Sim	-
<b>Periodicidade (dias)</b>	2	-	5	-	< 3
<b>Início de operação</b>	1995	1992	1996	1997	1997
<b>Órbita síncrona</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Altura da órbita (km)</b>	460	200	470	700	470
<b>Inclinação (graus)</b>	72	-	82	82	-

\* Transporta também um sensor multiespectral; duas bandas (R, NIR); resolução espacial de 16 m.

\*\* Transporta também um sensor multiespectral; três bandas (G, R, NIR); resolução espacial de 15 m.

### 3.3 Fotografia e Videografia Aéreas

No período 1982/89 foram feitas pela *FAP* - Força Aérea Portuguesa coberturas aéro-fotográficas sistemáticas, abrangendo todo o território continental, na escala 1:15 000. No mesmo período fez-se o ortofotomapa, na escala 1: 10 000. A *FAP* teve, até recentemente, o monopólio das coberturas aéro-fotográficas do território nacional. Foram ainda realizadas algumas coberturas aéro-fotográficas na escala 1:30 000 de algumas áreas de Portugal Continental, mas não abrangendo todo o território.

Em 1995 realizou-se, como resultado de um protocolo entre o *CNIG*-Centro Nacional de Informação Geográfica, *DGF*-Direcção Geral de Florestas e *CELPA*-Associação da Indústria Papeleira, a cobertura de todo o território de Portugal Continental, em filme infra-vermelho, falsa cor, na escala 1:40 000.

Tem sido muito escassa a utilização em Portugal da fotografia aérea e videografia de baixa altitude e grande escala, que a utilização de aeronaves de pequeno porte, existentes em tantos aero-clubes permitiria, com grande facilidade e economia, se algum treino de reconhecimento aéreo e manejo de fotografia e vídeo fosse facultado durante o treino dos pilotos. Seria assim fácil converter os pilotos amadores em “vigilantes do ar”, durante o Verão, em voos de patrulha para a detecção de fogos florestais e para outras tarefas relacionadas com a monitorização de recursos naturais. Bastaria para tal que as entidades responsáveis pela protecção desses recursos subsidiassem de algum modo tais patrulhas aéreas.



É necessário modernizar nesse sentido a legislação nacional sobre navegação aérea, visto que o actual Regulamento está antiquado (Dec.-Lei nº 20062, publicado no D.G de 25 de Outubro de 1930), e impõe sérias restrições e dificuldades à fotografia aérea do território português. Algumas iniciativas foram recentemente tomadas para esse efeito, devendo-se salientar as operações de vigilância aérea através de aero-clubes, que se iniciaram em 1996, com o patrocínio da CNEFF-Comissão Nacional Especializada de Fogos Florestais.

Estão hoje disponíveis aviões ligeiros e ultraligeiros, e ainda pequenos helis, tripulados ou telecomandados, que podem ser utilizados de um modo simples e económico, dado o baixo custo da sua aquisição ou aluguer, por uma grande diversidade de organismos, para obtenção de fotografia aérea ou videografia em média e grande escala, com películas a cor ou infra-vermelho falsa cor, que têm inúmeras aplicações na inventariação e monitorização de recursos culturais e naturais, nomeadamente agrícolas e florestais. Várias experiências em que se utilizaram esses meios e técnicas com resultados muito positivos estão descritas em Ekin (1988, 1995), Killmayer *et al.* (1983), Myers *et al.* (1981), Tueller *et al.* (1988), Tueller (1990), Warner (1989).

O Professor Ray Spencer, silvicultor com larga experiência de inventários florestais no Canadá (Spencer, 1988) e na Austrália (Spencer, 1997), onde tem utilizado a fotografia aérea de pequeno formato e grande escala, resume nos seguintes termos o projecto relativo ao inventário do *Eucalyptus Marginata*, realizado na Austrália Ocidental:

*“O projecto destinou-se a fornecer informação sobre 1,4 milhões de ha de floresta de uso múltiplo.*

*Os objectivos do projecto foram os seguintes: 1) realização em três anos; 2) estimativa dos volumes de toda a madeira utilizável, com um erro de amostragem inferior a 25%, com a probabilidade de 95 %; 3) classificação dos troncos em classes de qualidade; 4) inclusão do inventário num SIG.*

*O inventário foi delineado com amostragem em duas fases. Na primeira fase, as unidades de amostragem, constituindo um rede rectangular de parcelas, foram foto-interpretadas e medidas sobre fotografias aéreas à escala de 1:2 000. Esta escala foi considerada a mais conveniente para a medição da altura das árvores e para a identificação das espécies. Na segunda fase da amostragem, uma sub-amostra das unidades de amostragem da primeira fase foi medida rigorosamente no terreno.*

*As fotografias foram obtidas por meio de um par de máquinas fotográficas de 70 mm, suspensas de um sistema transversal montado num helicóptero, constituindo uma base fixa com 7,5 metros de comprimento. As fotografias de cada par, constituindo estereogramas, eram captadas simultaneamente.*

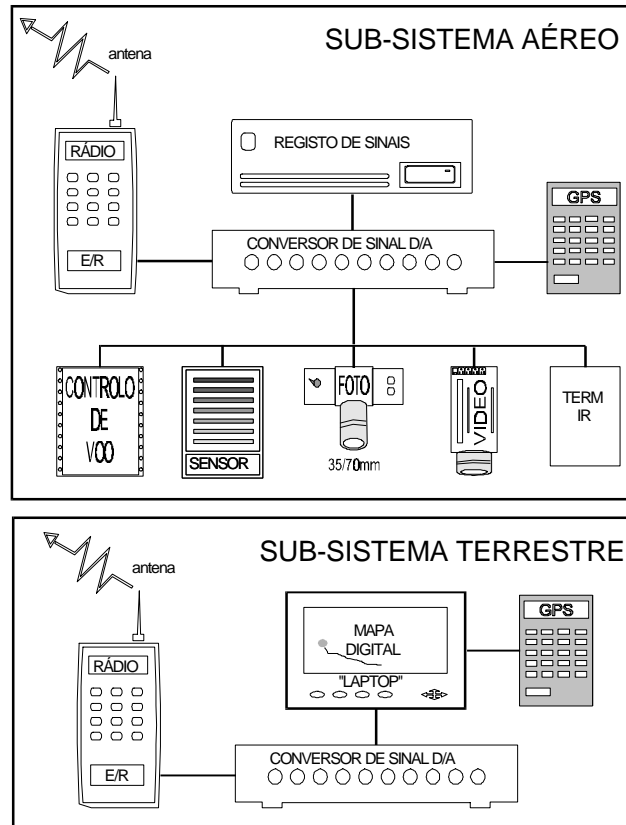
*Um receptor GPS, ligado a um microcomputador portátil, permitiu a navegação e a determinação da posição dos centros das fotografias, assim como o controlo dos disparos das máquinas fotográficas a intervalos regulares, substituindo um intervalómetro. O mesmo sistema GPS permitiu ainda a localização das unidades de amostragem no terreno.”*

O Professor Paul J. Curran, do Departamento de Geografia da Universidade de Reading, Reino Unido, e o Professor Attilio A. Disperati, do Departamento de Silvicultura e Manejo, da Universidade Federal do Paraná, Brasil, têm advogado o mesmo conjunto de meios e técnicas, i.e., obtenção de fotografias aéreas ou oblíquas de pequeno ou médio formato e grande escala, a partir de aeronaves ligeiras, ultraligeiras e helicópteros tripulados, para fins de inventário e análise de recursos naturais e culturais (Curran, 1981; Disperati, 1991, 1993, 1995). Deve-se referir ainda a utilização de GPS em sistemas de navegação, fotografia aérea e videografia de baixo custo por Ekin (1988, 1995).

Atendendo às restrições financeiras prevalentes em Portugal, ao reduzido espaço físico do nosso país, às normalmente reduzidas áreas de estudo e tendo ainda em consideração os últimos avanços das tecnologias da videografia, dos sistemas GPS, dos sistemas de controlo remoto e dos sistemas de comunicação rádio, advogamos a utilização de sistemas do tipo a seguir sumariamente descrito (Figura1).

*Subsistema aéreo*- Constituído por um mini-helicóptero com propulsão de pás a jacto e telecomandado de terra, transportando os seguintes componentes: 1) Sistemas de fotografia e videografia com controlo remoto; 2) Sistema GPS; 3) Termómetro de infravermelho; 4) Sistema emissor/receptor rádio, permitindo a recepção de sinais para controlo do mini-helicóptero e dos sistemas de fotografia e videografia, e transmissão de sinais para terra com as coordenadas do sistema GPS aero-transportado.

*Subsistema terrestre fixo*- Constituído pelos seguintes componentes: 1) Um micro-computador portátil; 2) Sistema GPS; 3) Sistema radio receptor-emissor para controlo remoto da aeronave e dos sistemas de fotografia e videografia. Estes dois últimos sistemas são controlados através do micro-computador portátil onde residem programas apropriados que permitem: a) acompanhar a trajetória da aeronave sobre uma carta digitalizada da área de estudo; b) comandar a navegação do mini-heli por controlo remoto; c) comandar os disparos das máquinas fotográficas e o zoom da máquina video.



**Figura 1:** Sistema para fotografia e videografia aérea com controlo remoto.

Dado que existe um sistema GPS terrestre fixo e comunicação via rádio com o sistema GPS aero-transportado, este último pode funcionar em modo diferencial, em tempo real, podendo-se assim obter grande precisão no posicionamento dos centros ópticos das máquinas fotográficas e de vídeo, o que permitirá fotogrametria aérea com mínimo controlo geométrico terrestre e com grande rigor, necessário por exemplo em medições dendométricas destinadas a inventários florestais.

A possibilidade de *zoom* telecomandado do sistema video permite a amostragem em duas fases, análoga à descrita por Spencer, mas neste caso sem necessidade de tantas visitas e medições terrestres na segunda fase (apenas as necessárias para efeito de controlo geométrico).

A utilização da videografia aérea foi tratada recentemente por Drake (1996) que concluiu ser fácil o treino para interpretação visual de videogramas a cores com fins de inventários florestais.

## 4. Inventário, Ordenamento e Gestão dos Recursos Florestais

### 4.1 Inventários Florestais Nacionais

Têm sido escassos os inventários florestais nacionais em Portugal.

Apenas no último quartel do sec.XIX se inicia a elaboração da primeira Carta Agrícola e Florestal do Continente Português (Emídio Navarro, 1986), que se prolonga até à primeira década deste século, finalizada em 1902. Subsequentemente, na década de 20, procedeu-se à sua actualização.

Em 1950 elaborou-se uma nova carta agrícola e florestal do Continente.

Em 1965/66 realiza-se um novo inventário florestal do território continental português. Utiliza-se para esse efeito uma cobertura de fotografia aérea, à escala de 1:15 000, da região a Norte do rio Tejo (1963-65), sendo o inventário a Sul do Tejo executado por actualização da carta agrícola e florestal de 1950. Este inventário foi realizado para satisfazer essencialmente as necessidades das indústrias de celulose, visando-se a avaliação das áreas, existências e acréscimos do pinheiro bravo e do eucalipto e as respectivas distribuições por distritos (DGF, 1996).

Em 1968 inicia-se a actualização do anterior inventário relativamente à região a Sul do Tejo, recorrendo-se à cobertura de fotografia aérea dessa região, à escala de 1:15 000, com filme infra-vermelho. O trabalho de actualização prossegue a partir de 1974, com a realização de nova cobertura de fotografia aérea da região a Norte do Tejo, terminando-se esta actualização em 1981.

Em resumo, no período 1968-81 realizam-se os trabalhos conducentes ao primeiro Inventário Florestal Nacional, que utilizou as coberturas aéro-fotográficas efectuadas no período 1965-81. Obteve-se desse modo a cartografia florestal do País, baseada nas folhas da carta topográfica, na escala de 1:25 000, dos Serviços Cartográficos do Exército. Esse inventário consistiu na avaliação das áreas correspondentes às espécies que compõem a floresta portuguesa, por distritos e concelhos, bem como das áreas incultas.

A partir de 1976 estabeleceu-se um sistema de amostragem contínua nas Regiões Centro e Norte do País para acompanhamento da evolução de existências e alteração das áreas das principais espécies florestais.

A segunda actualização do Inventário Florestal Nacional iniciou-se em 1980, por foto-interpretação da cobertura aérea feita no período 1978/80 a Sul do rio Tejo. As áreas florestadas foram determinadas por foto-interpretação de toda a cobertura, enquanto que a composição da floresta foi determinada por amostragem sobre essa cobertura, pelo que as áreas de cada espécie florestal foram estimadas apenas ao nível do distrito. Posteriormente, em 1984/85, foi utilizada a cobertura aérea de 1978/80, para realização de um inventário relativo a povoamentos de sobreiro e azinheira.

A partir de 1985, devido à necessidade de inventariar as existências de matéria-prima para as indústrias de pasta de papel e de avaliar a dimensão da deflorestação causada pelos fogos florestais e ainda à urgência de informações actualizadas sobre esses dois problemas, passou a realizar-se a foto-interpretação por amostragem sistemática realizada sobre uma fracção (1/4) das séries de fotogramas de cada cobertura. Durante o período de 1986/87 foi realizado um inventário expedito nacional pela Direcção Geral das Florestas, em colaboração com a Associação de Empresas de Celulose e Papel (ACEL) para inventariação das áreas, existências e acréscimos do pinheiro bravo e eucalipto.

Em 1990 a ACEL realiza uma cobertura aéro-fotográfica do País à escala 1:15 000, a infra-vermelho, falsa cor, a partir da qual se procede a uma actualização das áreas, existências e acréscimos do eucalipto

e pinheiro bravo, através de amostragem sistemática sobre um fotograma em cada série de 6. Com base nessa cobertura iniciou-se em 1992 e será finalizada em 1996 a elaboração de uma Nova Carta Agrícola e Florestal na escala 1:25 000, em formato digital, com vista à sua integração no Sistema de Informação Geográfica Nacional (SNIG), colaborando na sua elaboração o Centro de Informação Geográfica Nacional (CNIG) e o Instituto de Estruturas Agrárias e de Desenvolvimento Regional (IDEADR).

CNIG, DGF e *CELPA*-Associação da Indústria Papeleira estabeleceram em 1995 um protocolo para a realização de uma cobertura aero-fotográfica do território de Portugal Continental em filme infra-vermelho, na escala 1:40 000. A *CELPA*, com a colaboração da DGF, está utilizando essa fotografia para a identificação das diferentes espécies e determinação das respectivas áreas. A partir desses dados, a *CELPA* planifica as amostragens de campo para realização do inventário do eucalipto (áreas, classes de qualidade, idades, volumes, crescimento, etc.) visto ser essa a espécie que mais lhe interessa para a produção de celulose, sua principal actividade. Entretanto, a DGF usará a mesma cobertura fotográfica para o inventário das restantes espécies.

Esta resenha histórica relativa à inventariação dos recursos florestais nacionais neste século, revela o carácter irregular, casuístico e parcelar das diversas iniciativas e uma falta de planeamento sistemático e continuado de colheita, organização e tratamento da informação relativa aos recursos florestais do País. Basta referir que a periodicidade média das coberturas aero-fotográficas das várias regiões do Continente tem sido de cerca de 10 anos, demasiado longa para permitir a monitorização de processos céleres que têm afectado grandemente os recursos florestais e paisagísticos nacionais, tais como os fogos florestais em cada Verão, a urbanização e consequente ocupação de terras agrícolas e florestadas, a erosão, a desertificação e a poluição dos solos, e as consequentes patologias que afectam certas espécies florestais (casos do castanheiro e do sobreiro). Apenas nos últimos anos, e pelos motivos antes referidos, essa periodicidade se encurtou.

A exígua recolha de informação, de produção e de procura de produtos cartográficos em Portugal, resulta em geral do estágio de desenvolvimento económico e social de País, e no caso dos inventários florestais do pouco desenvolvimento do sector florestal tradicional e da sua falta de estruturação. Somente as nascentes associações de produtores florestais e das indústrias ligadas à exploração e transformação desses recursos poderão ajudar a modificar tal situação, secundando os enormes esforços já iniciados e a empreender pela Administração Pública Central, Regional e Local.

Deve-se ainda essa situação ao pouco conhecimento e difusão das tecnologias modernas, de baixo custo, disponíveis para o levantamento e análise espacial dos recursos naturais, que podem ser facilmente usadas, com vantagem, ao nível regional e local por grande diversidade de utilizadores, ligados ao inventário, monitorização e análise de recursos naturais (Macedo, 1989).

#### **4.2 Inventário, Ordenamento e Gestão de Recursos Regionais e Locais**

As últimas iniciativas no domínio da inventariação dos recursos florestais à escala nacional foram motivadas essencialmente pelos interesses corporativos da crescente indústria de celulose e pelo quadro de catástrofe nacional que os fogos florestais têm constituído nas últimas décadas. Algum esforço de inventariação, ao nível regional e local, é feito no quadro de elaboração dos Planos Directores Municipais, que deveriam incluir reconhecimentos exaustivos dos recursos florestais de cada Município e planos para a preservação e recuperação da paisagem, e para o repovoamento e reordenamento das áreas florestais. Esta tarefa deveria resultar do esforço combinado dos Municípios, ou das Associações de Municípios, e de todas as entidades com jurisdição sobre os recursos florestais (proprietários florestais e suas associações, Direcções de Parques Nacionais e de Zonas Protegidas, etc.), com o apoio

técnico das Comissões de Coordenação Regionais e das estruturas regionais dependentes da Direcção Geral das Florestas, da Secretaria de Estado dos Recursos Naturais e do Ministério do Ambiente.

As tarefas a realizar são inúmeras e urgentes, tanto a nível nacional, como regional e local. E algumas dessas tarefas seriam melhor realizadas ao nível regional e local, atendendo a escalas de recolha e organização de informação adaptadas aos diferentes objectivos específicos, com economias resultantes da proximidade das áreas de estudo, utilizando para esse efeito as tecnologias mais simples e de mais baixo custo descritas atrás, na secção 3.

As Universidades têm um papel essencial na investigação e na difusão das disciplinas científicas e das técnicas mais avançadas, pelo que deverão assumir um papel importante na aplicação da detecção remota e dos SIG ao estudo dos recursos naturais e do ambiente. A formação nesses domínios tem progredido nos últimos anos, embora lentamente, com a introdução dessas técnicas nos programas das disciplinas curriculares de cursos de licenciatura e de mestrado em Engenharia do Território, Engenharia Geográfica, Engenharia Florestal e Engenharia do Ambiente. Julgamos, no entanto, que o ensino dessas técnicas deveria ser introduzido noutros cursos, por exemplo nos cursos de Geografia, tradicionalmente ministrados em Faculdades de Letras. Dada a importância da gestão e monitorização dos recursos naturais e do ambiente para o desenvolvimento regional e local, pensamos que todas as universidades deveriam possuir Departamentos ou Centro de Estudo de Geografia Regional, onde disciplinas de análise quantitativa regional fossem investigadas e ensinadas, entre as quais as disciplinas básicas de Estatística, Métodos e Técnicas de Amostragem Espacial, Estatística Multidimensional, Estatística Espacial, Séries Cronológicas, Informática, Sistemas de Bases de Dados, Sistemas de Informação Geográfica, Detecção Remota, Cartografia, Ecologia Quantitativa, Modelação Matemática, Simulação, etc.

## 5. Prevenção, Detecção e Inventário de Fogos Florestais

A devastação causada pelos fogos florestais em povoamentos atinge proporções calamitosas em Portugal, como se pode observar pelo número excessivo de fogos e pelas áreas ardidas cada ano, que têm aumentado substancialmente durante as últimas décadas (Gráfico 7). De 1970 a 1980 arderam cerca de 340 000 ha e de 1981 a 1992 cerca de 600 000 ha. Essas áreas não incluem matos e terrenos baldios, em que as áreas ardidas ultrapassam aqueles valores. Assim, nos últimos vinte anos, a área florestal ardida ultrapassou os 900 000 ha, i.e., 28% da área florestal do Continente. Cerca de 80% dos fogos ocorrem em povoamentos de pinheiro bravo e localizam-se principalmente nas regiões Centro e Norte do País e também no Algarve.

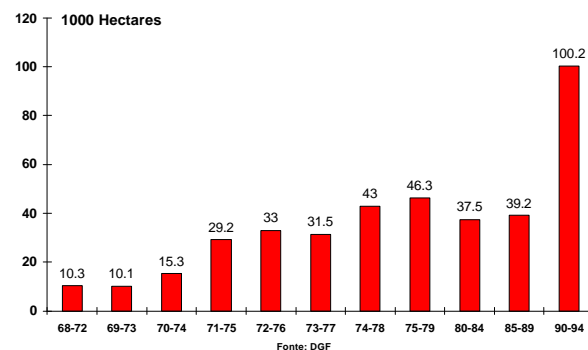


Gráfico 7 - Evolução das Áreas Florestais Ardidas (médias quinquenais).

As causas desta situação catastrófica são as seguintes:

- Condições climáticas adversas durante o Verão, na maior parte do País, com elevadas temperaturas e baixa humidade atmosférica;

- O mau ordenamento de muitas áreas florestais, que em grande parte são constituídas por povoamentos puros de resinosas, altamente inflamáveis;
- Acumulação excessiva de vegetação arbustiva no interior e na orla dos povoamentos, devido à fraca utilização da lenha pelas populações rurais, que têm diminuído drasticamente por emigração, com consequente incúria no manejo das matas;
- A falta de caminhos florestais, ocasionando dificuldades de acesso ao interior das matas;
- A falta de reservatórios de água para aprovisionamento das brigadas de combate a fogos;
- A negligência, resultado da ignorância, e o dolo, resultado da ganância de especuladores em negócios de madeira e de solos urbanizáveis.

O repovoamento florestal conseguido nas duas últimas décadas tem sido bastante inferior às áreas ardidas, acumulando-se um saldo negativo de cerca de 300 000 ha.

Este quadro desolador mostra bem o esforço a fazer relativamente ao repovoamento, ao ordenamento e gestão florestais, à prevenção de fogos florestais e ao estudo das consequências ambientais e ecológicas da destruição das áreas florestais. Mas este esforço só produzirá resultados se os intervenientes estiverem apetrechados com os meios técnicos adequados, que lhes permitam um conhecimento actualizado e completo da situação real no terreno e possam acompanhar, de um modo quasi contínuo, a sua evolução.

Alguns projectos de investigação aplicada aos recursos florestais, realizados em Portugal nos últimos anos, abordam a problemática dos fogos florestais, tentando simular o seu comportamento ou prever o risco da sua ignição. Esses projectos, em número muito reduzido, têm sido participados por investigadores de várias universidades portuguesas, entre as quais devemos salientar o Instituto Superior de Agronomia, da Universidade Técnica de Lisboa, e ainda as Universidades de Aveiro, Coimbra e de Trás-os-Montes e Alto Douro. Muitos desses projectos têm tido a participação ou apoio de organismos governamentais como o CNIG ou o Instituto Florestal. Alguns deles têm tido carácter internacional, participados por instituições universitárias e investigadores de países europeus mediterrânicos, que são geralmente afectados, em maior ou menor grau, pelo flagelo dos fogos florestais.

Pensamos que a investigação relativa aos recursos florestais, envolvendo as técnicas de detecção remota e SIG, deveria ser intensificada em Portugal, com introdução de novas tecnologias e sistemas de observação, como aquele que propomos na secção 3.3.

Outro sistema que deveria ser ensaiado em Portugal é o dos balões cativos, providos de sistemas vídeo com sensores de radiações infra-vermelho, rotativos, que possibilitariam a vigilância de grandes áreas, permanentemente. Esses sistemas substituiriam com vantagem várias torres de vigia, de construção cara e manutenção e operação dispendiosas. Uma rede bem distribuída desses balões, a instalar e em operação durante a época dos fogos, poderia cobrir a maior parte das áreas do País mais sujeitas a incêndios florestais, poupando custos exagerados em sistemas de vigilância aérea alternativos.

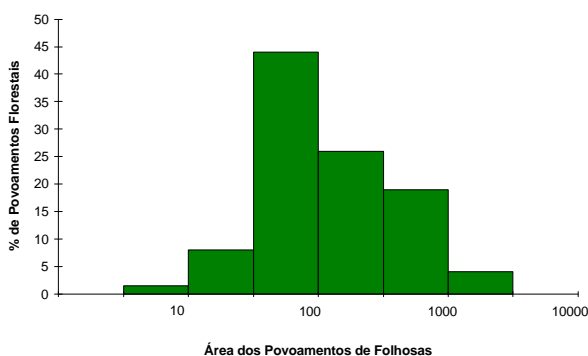
## **6. Monitorização Ambiental**

A primeira grande iniciativa no domínio da monitorização ambiental, envolvendo as técnicas de sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográfica e abrangendo a totalidade do território continental português, foi a inscrita no programa CORINE, promovido pela Comissão da Comunidade

Europeia, iniciado em 1985 e concluído em 1991 (CEE, 1991). Os objectivos desse programa foram os seguintes:

- Estabelecimento de um sistema de informação para estudo do ambiente na Comunidade Europeia, constituído por bases de dados ambientais a serem utilizadas na coordenação e fiscalização da aplicação das medidas comunitárias sobre o estado do ambiente;
- Estabelecimento de nomenclatura temática e metodologias padronizadas dentro da Comunidade para recolha e organização da informação relativa ao ambiente.

Os temas incluídos no programa CORINE referem-se à geografia física, fitogeografia, uso do solo, poluição atmosférica, recursos hídricos, economia e sociologia. Os três principais inventários realizados referem-se aos biótipos, à poluição atmosférica e ao uso dos solos. A cartografia do uso dos solos, abrangendo o território dos doze países da Comunidade, e ainda de outros países da Europa e do Norte de África, foi feita à escala 1:100 000. Apurou-se uma nomenclatura temática apropriada e ensaiaram-se técnicas de classificação digital com base em imagens LANDSAT-MSS, obtendo-se resultados animadores.



**Gráfico 8** - Histograma das Áreas de Povoamentos de Folhosas.

Seguiu-se um projecto-piloto abrangendo a totalidade do território de Portugal continental. Este projecto foi executado pela Comissão Europeia e pela Secretaria de Estado do Ambiente de Portugal, durante 1987. Avaliações efectuadas permitiram detectar deficiências nas classificações baseadas naquele tipo de imagens, pelo que o trabalho foi refeito em 1989 com imagens LANDSAT-TM. As avaliações feitas revelaram a validade dos resultados deste último trabalho para fins científicos e de ordenamento geral do território.

A nomenclatura adoptada para classificação temática do uso do solo contém 44 classes em 3 categorias. O Gráfico 8 refere-se a uma dessas classes. Cada País poderá acrescentar novas categorias suplementares, consoante necessidades específicas, mantendo embora as 3 categorias iniciais. A cartografia digital assim obtida para o território da Comunidade consubstancia-se em 2 000 folhas, contendo cerca de 2 milhões de unidades temáticas.

A informação obtida no projecto-piloto relativo ao território de Portugal Continental foi útil para a identificação de grandes áreas, à escala regional, onde os problemas ambientais relativos ao uso dos solos são mais graves, exigindo-se todavia informação com maior resolução espacial e temática para análises mais finas, que possibilitem a tomada de decisões locais relativas a problemas como a poluição dos solos e das águas fluviais, a erosão das encostas, a recuperação vegetativa de áreas florestais recentemente ardidas, a avaliação de prejuízos por motivo de cheias e incêndios florestais, e inúmeros outros problemas relacionadas com a poluição terrestre e atmosférica e com o inventário e gestão dos recursos naturais.

## 7. Bibliografia

**ACEL/DGF (1993)** • *Inventário Florestal Nacional do Eucalipto* • Lisboa.

**C.E.C. - Commission of European Community (1991)** • *Results of the CORINE Programme, Communication of the Commission to the Council and European Parliament* • SEC(91) 958 final, Brussels.

**C.G.D. - Caixa Geral de Depósitos(1993)** • *Floresta e Indústrias da Fileira Florestal* • Estudos e Documentos, 6, Lisboa.

**CORINE (1992)** • *CORINE Land cover inventory progress* • GIS Europe, v.1, nº10, p.27-34.

**D.G.F. - Direcção Geral de Florestas (1992)** • *Anuário 1992* • Lisboa.

**D.G.F. - Direcção Geral de Florestas (1993)** • *Distribuição da Floresta em Portugal Continental: áreas florestais por Distritos (1992)* • D.G.F., Divisão de Inventário Florestal, Estudos e Informação, nº 303, Lisboa.

**D.G.F. - Direcção Geral de Florestas (1996)** • *Notas sobre a avaliação dos recursos florestais no Continente* • D.G.F., Divisão de Inventário Florestal, Lisboa.

**C.N.I.G. - Centro Nacional de Informação Geográfica (1994)** • *Relatório de Actividades* • Secretaria de Estado da Administração Local e do Ordenamento do Território, Lisboa.

**Curran, P. J. (1981)** • *Remote Sensing: The Role of Small Format Light Aircraft Photography* • Dept. of Geography, University of Reading, U.K., Geographical Paper nº 75.

**Disperati, A. A. (1991)** • *A obtenção e uso de fotografias aéreas de pequeno formato* • Fundação de Pesquisas Florestais/Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 290 pags.

**Disperati, A. A. (1993)** • *O uso do ultraleve para a obtenção de fotografias aéreas (35 mm) verticais e inclinadas* • Universidade Federal do Paraná, Dept. de Silvicultura e Manejo, Curitiba, Brasil, 118 pags.

**Disperati, A. A. (1995)** • *Fotografias aéreas inclinadas* • Editora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, Série Didática nº 26, 113 pags.

**Drake, S. (1996)** • *Visual Interpretation of Vegetation Classes from airborne Videography: An Evaluation of Observer Proficiency with Minimal Training.* • PE&RS, 62(8):969-978.

**Ekin, W.H. (1988)** • *A video tracking system for a light aircraft* • Photogrammetrica Record, 12(71):575-588.

**Ekin, W.H. (1995)** • *The use of GPS for low-cost aerial block photography* • The Journal of Navigation, 48(2):239-248.

**Gupta, V. (1996)** • *New Satellite Images for Sale. The Opportunities and Risks Ahead* • Center for Security and Technology Studies, Lawrence Livermore National Laboratory, USA (via INTERNET).



**Hofstee, P. (1985)** • *An introduction to small format aerial photography for human settlement analysis* • ITC Journal, v.2, p.121-127.

**I.G.C. - Instituto Geográfico e Cadastral (1988)** • *Informação sobre documentação e elementos de estudo disponíveis* • Lisboa.

**Killmayer, A.; Epp,H. (1983)** • *Use of small format aerial photography for land use mapping and resource monitoring.* • ITC Journal, 4:285-290.

**Macedo, F. W.; Sardinha, A. M. (1988)** • *Fogos Florestais (2 vol.)* • Edições Ciência e Vida • Lisboa.

**Macedo, F. W. (1989)** • *A utilização da detecção remota no inventário de recursos naturais e na monitorização ambiental* • I.N.I.A./L.Q.A.R.S., Lisboa.

**Macedo, F. W. (1990)** • *Ensino das Técnicas de detecção remota e de cartografia digital* • U.T.A.D., Vila Real.

**Myers, B.J.; Benson M. L. (1981)** • *Predicting tree groundline diameter from crown measurements made on 35 mm aerial photography* • PE&RS, 47(4):505-513.

**Portucel et al. (1996)** • *Proposta para o desenvolvimento sustentável da floresta portuguesa* • Lisboa.

**Spencer, R.D.; Hall, R.J. (1988)** • *Canadian large-scale aerial photographic systems (LSP)* • PE&RS, 54(4):475-482.

**Spencer, R.D.,et al.(1997)** • *Integrating eucalypt forest inventory and GIS in Western Australia* • PE&RS

**Tueller, P.T., ed. (1990)** • *Twelfth Biennial Workshop on Color Aerial Photography and Videography in the Plant Sciences and Related Fields* • Sparks, Nevada, 1989, ASP&RS, 1990.

**Tueller, P.T.; et al. (1988)** • *Rangeland vegetation changes measured from helicopter-borne 35 mm aerial photography* • PE&RS, 54(5):609-614.

**Warner, W. S. (1989)** • *A complete small format aerial photography system for GIS data entry* • ITC Journal 2:121-129.

**Wilson, J.D.(1995)** • *GIS and Forestry : the poor cousin comes of age* • Earth Observation Magazine, Sept. 95, USA.