

## NOTAS E RECENSÕES

### IMAGENS DA BAÍA DE LAGOS OBTIDAS PELOS SENSORES TM DO SATÉLITE LANDSAT 4. APRECIACÃO CRÍTICA

Uma das principais limitações das imagens obtidas pelo Sistema MSS dos Satélites Landsat é a resolução espacial do elemento da imagem no solo ( $56\text{ m} \times 79\text{ m}$ ). A dimensão do *pixel*, demasiado grande para a identificação de pormenores, pode conduzir a uma interpretação imperfeita de áreas com utilização do solo muito diversificada e com unidades espaciais de dimensão inferior à do próprio *pixel*. A forma rectangular deste dificulta a correcção geométrica da imagem e a sua sobreposição às quadrículas cartográficas usuais.

Para aumentar as possibilidades de reconhecimento da superfície da Terra, a partir das imagens fornecidas pelos satélites, a NASA concebeu uma segunda geração de satélites de inventário dos recursos terrestres, e, em 1982, um decénio após o lançamento do primeiro destes, foi colocado no espaço o Landsat 4, a 705 km de altitude sobre o Equador<sup>(1)</sup>, numa órbita circular heliossíncrona como os anteriores. Em 1984, Landsat 5 foi posto em órbita nas melhores condições. Um e outro têm um ciclo orbital de 18 dias e foram equipados, para além do conhecido sistema MSS (*Multispectral Scanning System*) com quatro canais de um novo sistema multispectral, designado por TM (*Thematic Mapper*), com resoluções espacial e espectral superiores.

O sistema TM, constituído por sensores de varrimento bidireccional, capta a radiância dos objectos da superfície da Terra em sete canais espectrais, nos domínios do visível, do próximo infravermelho e do infravermelho térmico; os comprimentos de onda que limitam cada canal TM constam do quadro I. A resolução espacial do *pixel* é de  $30\text{ m} \times 30\text{ m}$  nos canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7 e de  $120\text{ m} \times 120\text{ m}$  no canal 6.

No início de 1986, a ESA (Agência Espacial Europeia) pôs em órbita mais um satélite da nova geração, SPOT 1, a 832 km de altitude, heliossíncrono e com ciclo orbital de 26 dias. A resolução espacial do satélite europeu é ainda melhor que a dos registos TM de Landsat, mas a banda do espectro solar abrangido pelos sensores é muito menor. SPOT 1 tem a bordo um sistema pancromático (XP), com resolução

---

(1) Recorde-se que os satélites da primeira geração, Landsat 1, 2 e 3 foram lançados a 920 km de altitude.

espacial de  $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ , e um sistema multispectral (XS) com três canais, dois no domínio do espectro visível e um no do próximo infravermelho (quadro I), com resolução espacial de  $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ .

### QUADRO I

Canais espectrais e respectivos comprimentos de onda, em nanómetros, dos sensores dos satélites Landsat 4 e 5 e Spot 1

		LANDSAT 4 e 5				SPOT 1	
		TM	MSS		XS	XP	
V	C1	0,45 — 0,52					
	C2	0,52 — 0,6	MSS1	0,5 — 0,6	XS1	0,5 — 0,59	
	C3	0,63 — 0,69	MSS2	0,6 — 0,7	XS2	0,61 — 0,68	
			MSS3	0,7 — 0,8	XS3	0,79 — 0,89	
IVP	C4	0,76 — 0,9	MSS4	0,8 — 1,1			
	C5	1,55 — 1,75	XS — Multispectral				
	C7	2,08 — 2,35	XP — Pancromático				
IVT	C6	10,4 — 12,5	MSS — Sistema Multispectral				
			TM — «Mapeador» Temático				
			V — Domínio do espectro visível				
			IVP — Domínio do infravermelho próximo				
			IVT — Domínio do infravermelho térmico				

#### 1. A Imagem TM da Baía de Lagos

As imagens da baía de Lagos que se apresentam nas estampas I e II foram registadas pelos sensores do sistema TM do satélite Landsat 4, em 22 de Janeiro de 1983, às 10 h 47 m. O espaço representado nas imagens pancromáticas corresponde apenas a uma parte da imagem TM original, com  $512 \times 512$  *pixels*, que existe no Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Lisboa, onde foi realizado todo o tratamento visual, numérico e gráfico; para tal foram utilizados alguns dos programas de

processamento digital de imagens de detecção remota existentes naquela Instituição <sup>(2)</sup> (OLIVEIRA, 1980).

A imagem é de boa qualidade e não apresenta nuvens, apesar da linhagem existente nos canais 1, 2 e 6, como era de esperar. No momento da passagem do satélite, o Algarve estava sob um tipo de tempo anticiclónico, com céu limpo (Nebulosidade 0 em Sagres e 2 em Faro), boa visibilidade e vento fraco de NE e ENE (Boletim Meteorológico, 6 h TMG, I.N.M.G.). No mar, a maré encontrava-se em fase de águas mortas, no início da vazante; a linha da costa apresentada na imagem é, portanto, muito próxima da que corresponde ao nível médio do mar (*Tabela de Marés*, 1983). A agitação da superfície caracterizava-se pela ocorrência de pequena vaga de SE, com menos de 1 m de altura (I.N.M.G.).

## 2. Interpretação Visual das Imagens

As imagens dos canais TM, pela natureza dos seus registos radio-métricos, contêm informações diferentes da mesma paisagem, pelo que é necessário seleccionar os canais consoante a finalidade dos estudos a realizar. Neste estudo escolheu-se, como objectivo, as formas e a vegetação dos estuários do rio Arade e, em especial, do de Alvor-Odiáxere (fig. 1). A selecção dos canais a utilizar pressupõe uma análise das ima-

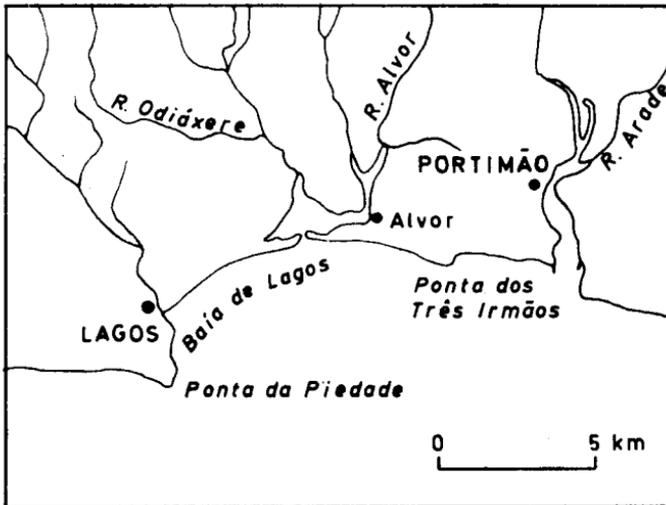


Fig. 1 — Localização da área representada nas imagens TM do satélite Landsat referente às estampas I e II.

(2) Cabe aqui agradecer aos Senhores Engenheiro EDUARDO DE OLIVEIRA, LOURIVAL TROVISCO e MIGUEL GAMBÔA, do LNEC, o apoio prestado no decorrer deste trabalho.

gens originais, individualmente, em cada canal; essas imagens estão reproduzidas nas estampas I e IIA a C, apenas submetidas a um processo de ampliação dos contrastes, segundo uma lei de equalização dos respectivos histogramas (OLIVEIRA, 1980).

O canal 1 (est. IA) regista, com melhor acuidade, a radiação azul do espectro, que tem elevado poder de penetração na água; daí que a imagem deste canal informe a turvação da água estuária e marinha, e detecte, com clareza, a nuvem linear que atravessa diagonalmente a imagem, correspondendo ao rasto de um avião a jacto. As águas da baía apresentam-se mais turvas que as do largo e menos que as da laguna de Alvor; este facto deve-se ao escoamento, para SE, das plumas de turvação dos estuários dos rios Arade e Alvor-Odiáxere, de acordo com a orientação das ondas e da deriva litoral. A linha de costa adivinha-se, sem nitidez, devido à agitação das águas pouco profundas, na faixa da ressaca. São visíveis, porém, os molhes do porto de Portimão.

O canal 2 (est. IB) capta a banda verde, notando-se, por isso, na imagem, as áreas cobertas de vegetação, em contraste com os espaços construídos e as rochas e solos desnudos. Tanto na imagem deste canal como na do anterior, não se distinguem as superfícies húmidas dos fundos de vale e dos canais de maré, estes com fundos lodosos e água muito pouco profunda. Na faixa anfíbia nota-se a linha de costa, ora marcada por praias de areia muito branca (com elevada quantidade de clastos de concha, entre 47 % e 73 %), ora por arribas, também constituídas por rochas areníticas claras, que sobressaem, por contraste, entre a água e a cobertura vegetal do continente. A turvação da água é, ainda, bem visível, tal como a já referida nuvem.

O canal 3 regista a radiação laranja e vermelha, ainda no domínio visível do espectro solar, tendo sido concebido pela NASA para estudos de discriminância da vegetação; é dito o canal da absorção clorofilina (NASA, 1982). Na estampa IC, com efeito, distinguem-se as manchas da vegetação anfíbia de sapal, bem como os pomares e hortas; salientam-se de toda a área coberta por vegetação (em tons de cinzento escuro e preto), os aglomerados urbanos de Lagos, Portimão e Alvor, e parte da rede viária (em tons de cinzento claro), e ainda, as praias e arribas (com cor branca).

Nesta imagem perdeu-se a informação relativa à qualidade da água; apenas se detecta agitação entre os bancos de areia do delta de vazante da foz do Alvor e a ponta da Piedade. Na faixa litoral, as areias secas das praias e das dunas brancas, bem como as arribas, destacam-se das areias molhadas dos bancos deltaicos e das dunas cinzentas. As formas lagunares aparecem aqui, muito nítidas; entre as duas restingas que quase isolam a laguna de Alvor, salientam-se os bancos de areia que formam os deltas de vazante (exterior) e de enchente (interior), este último muito mais extenso e flabeliforme devido à capacidade de transporte da corrente de vazante e à acção erosiva da ondulação, também marcada na assimetria do crescente do delta exterior.

No domínio do próximo infravermelho, a imagem do canal 4 (est. ID) tem boa definição das áreas húmidas, frequentemente inundáveis (sapais) e raramente inundáveis (sapais recuperados, isto é, conquistados ao *schorre*, e planícies aluviais), dos canais de maré, dos cursos de água e da linha de costa. Apesar deste canal ser usado para o estudo da biomassa vegetal (através do teor de humidade da vegetação, NASA, 1982), nesta imagem a cobertura vegetal dificilmente se distingue dos espaços construídos.

Ainda no próximo infravermelho, a imagem do canal 5 (est. IIA) melhora o contorno da linha de costa, pela absorção quase total desta radiação pela água; notem-se as enseadas e os farilhões das pontas da Piedade e dos Três Irmãos. As superfícies húmidas são detectáveis, embora não tão nitidamente como na imagem anterior, e os espaços revestidos pela vegetação, distintos dos espaços nus, que, no entanto, não se diferenciam entre si (povoações, solos não cultivados, praias, dunas e arribas).

Também neste domínio espectral, o canal 7, chamado de canal geométrico (NASA, 1982), oferece a melhor imagem (est. IIB) do contorno da linha de costa; no entanto, a elevada sensibilidade deste sensor à humidade, leva a que os lugares mais húmidos (lodaçais, solos encharcados) apareçam como se fossem superfícies aquáticas. Pela mesma razão, as diferenças de humidade entre as vertentes soalheiras e as vertentes sombrias são acentuadas, obtendo-se um efeito de esteoscopia, facilmente observável nas arribas e nalguns interflúvios.

Um outro aperfeiçoamento do sistema TM em relação ao MSS é a recolha de imagens térmicas. Recorde-se que os satélites Landsat da primeira série (1, 2 e 3) transportaram radiómetros térmicos, que cedo se avariaram; o canal térmico de TM é o canal 6; na imagem fornecida (Est. IIC) os vários tons de cinzento, do branco para o negro, significam valores de emissividade crescente (as manchas brancas indicam as superfícies mais frias). Constata-se que a nuvem, as áreas urbanas, as terras húmidas, as águas lagunares e a faixa de águas costeiras (em especial as do recôncavo da baía, entre as pontas da Piedade e dos Três Irmãos, e em frente à praia da Rocha) estão mais quentes que as águas do largo e as áreas continentais adjacentes. Arrefecidas pela irradiação nocturna, as superfícies desnudas (praias, dunas, solos lavrados, construções) ainda não tinham aquecido; recorde-se que se trata de uma manhã anticiclónica de Inverno, em que a temperatura do ar, em Faro, era de 10° C às 6 horas e de 16° C às 12 horas, enquanto na praia da Rocha a temperatura da água do mar era de 16° C (I.N.M.G.).

Sobrepostas as imagens de três canais e visualizadas a cores, obtêm-se imagens mais ricas em informação. As combinações dos canais TM 2, 3 e 4 ou TM 3, 5 e 7, respectivamente com as cores vermelha, verde e azul, oferecem boas imagens para o estudo das formas lagunares e da vegetação de sapal e para a definição das áreas húmidas e da linha de costa. Por economia na impressão estas imagens não se incluem aqui.

### 3. Estudo Radiométrico da Imagem

Tendo por objectivo a classificação temática de unidades de paisagem já reconhecidas no terreno e em outras fontes de informação geográfica, como mapas e fotografias aéreas, estudaram-se perfis radiométricos multispectrais, de que se apresentam exemplos na figura 1A, C e D, comparando-os com um transecto biogeográfico levantado no campo e sobre fotografia aérea (fig. 1B). Tal como se havia apurado da interpretação visual das imagens unispectrais e das composições coloridas multispectrais, da análise comparativa dos perfis da figura 1B e D apurou-se que, com excepção do canal 1, todos os outros diferenciam o sapal, escolhendo-se, para o objectivo visado, os canais TM 3, 5 e 7.

Na figura 2 pode, a título de exemplo, avaliar-se comparativamente a resolução espacial dos sistemas MSS (perfil A) e TM (perfil D) nos dois perfis radiométricos relativos ao mesmo transecto (fig. 1B) entre a praia de Alvor e a Tapada Velha; porém, os registos MSS datam de 20 de Agosto de 1978 e referem-se a uma situação de baixa-mar viva, em que a maior parte dos bancos deltaicos e dos canais de maré está a descoberto.

### 4. Classificação da Imagem

Seleccionados os dois conjuntos de canais em que melhor se individualizam os sapais, TM 5, 4 e 3 e TM 2, 3 e 4, procedeu-se à análise em componentes principais de cada conjunto. Dos resultados obtidos verificou-se que a primeira componente principal concentra a informação sobre as formas e a segunda componente sobre a vegetação. Para classificar a área que comporta o ecossistema de sapal, optou-se pela imagem obtida pela sobreposição da primeira componente principal do conjunto TM 5, 4 e 3 (a vermelho) e das segundas componentes dos conjuntos TM 5, 4 e 3 (a verde) e TM 7, 5 e 3 (a azul); o sapal aparece com cor amarelo vivo (est. IID), devido à sobreposição das cores verde e azul, que apresentam as imagens em que esta formação vegetal é melhor individualizada.

Ao pôr em paralelo as imagens da estampa IID e da figura 3, nota-se que a classificação automática não supervisionada, a partir da análise em componentes principais, se mostra correcta, no que diz respeito à identificação do sapal, tanto quando este aparece em grandes manchas (na margem lagunar da restinga de Alvor e nas plataformas vasosas dos canais do Alvor e do Odiáxere), como quando tem uma distribuição linear (entre os tanques de aquacultura e das salinas, inundados neste período do ano) ou, mesmo, pontual (em alguns bancos arenosos do delta de maré interior).

Quanto às restantes unidades da paisagem, podem ser identificados os sapais recuperados para agricultura e pastagem e os campos com solos húmidos (a lilás), as praias (a negro), as dunas, centros urbanos,

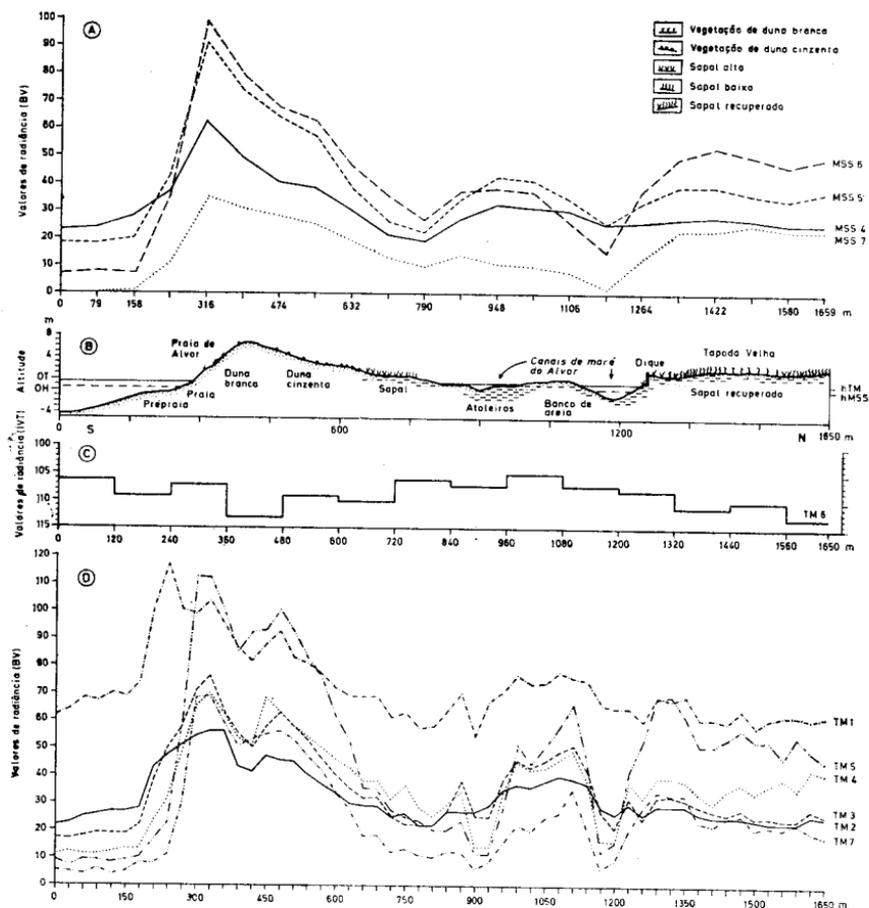


Fig. 2 — Perfis radiométricos (MSS em 20.8.1978 e TM em 22.1.1983) e transecto biogeográfico, na laguna de Alvor-Odiáxere, entre a praia de Alvor e a Tapada Velha. Perfis radiométricos — A (MSS, em 20.7.1978), C (TM, canal térmico, em 22.1.1983) e D (TM, em 22.1.1983) — coincidentes com o transecto biogeográfico — B — na laguna de Alvor-Odiáxere, entre a praia de Alvor e a Tapada Velha. Todos os perfis e o transecto estão localizados pelo segmento de recta P, na figura 3. BV — Brightness Values; IVT — Infravermelho térmico; OT — zero topográfico; OH — zero hidrográfico; hTM — nível do mar na hora dos registos TM; hMSS — nível do mar na hora dos registos MSS.

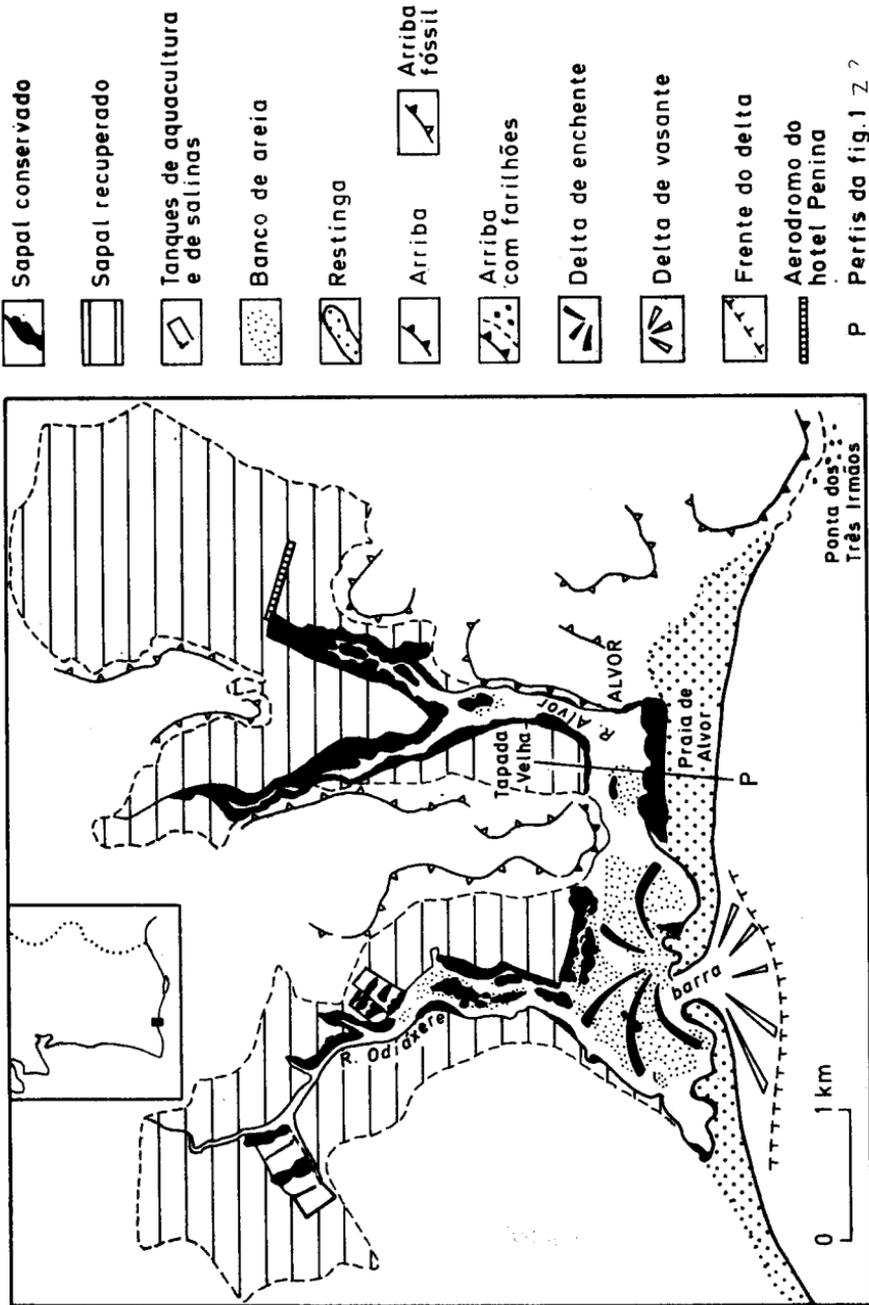


Fig. 3 — Esboço das formas estuárias da laguna de Alvor-Odiáxere, e da distribuição do ecossistema de sapal, conservado e recuperado, elaborado a partir da fotografia aérea na escala de 1:15 000.

aeródromo do Hotel da Penina, as estradas (a negro e a azul). Os diferentes tipos de ocupação do solo não foram reconhecidos por insuficiência de verificação no terreno, só realizada na área do estuário, e porque não foi esse o objectivo da classificação da imagem.

### 5. Conclusão

Apesar das enormes vantagens que oferecem, para fenómenos muito localizados, as capacidades das imagens TM são, ainda, limitadas; a sua interpretação é difícil, na opinião de todos os utentes, porque é, ainda, mal conhecida a resposta espectral dos diferentes objectos da superfície da Terra às radiações dos diferentes sensores do sistema; isso exige um pormenorizado conhecimento do terreno no momento da captação das imagens pelo satélite, quer das formas de utilização do solo ou das formas de relevo, quer dos mecanismos de circulação da água no solo, que condicionam a interpretação das imagens dos canais infravermelhos. Porém, feito o estudo exaustivo de amostras bem representativas das diferentes unidades da paisagem, com a finalidade de definir a correspondência entre os registos da radiância e os objectos, fácil se torna a concepção e aplicação de algoritmos que, muito rapidamente, permitem a cartografia, temática ou não, do espaço desejado, sempre possível de ser actualizada a muito curto prazo. Cálculos de biomassa e de produtividade biológica da vegetação natural ou cultivada podem, do mesmo modo, ser efectuados a partir dessa correspondência objecto-radiância.

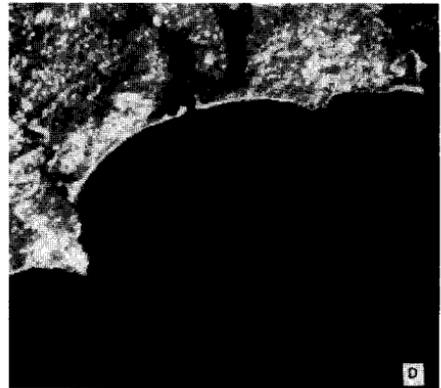
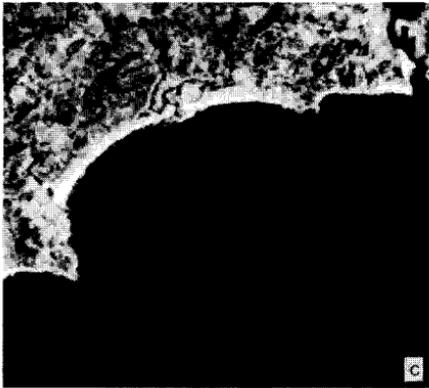
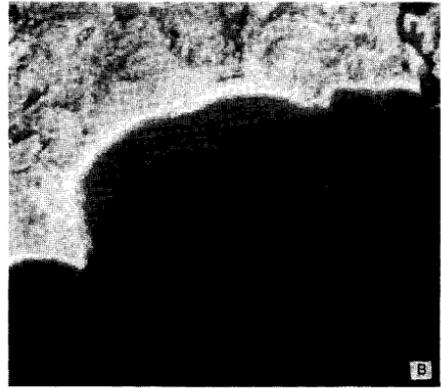
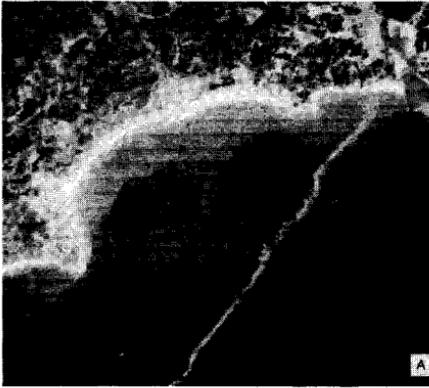
Neste exemplo dos sapais de Alvor-Odiáxere foi possível obter a sua distribuição espacial, com rigor e rapidez. Mas já não o foi, distinguir o sapal baixo do sapal alto, porque os povoamentos de *Spartina maritima* e *Spartina alterniflora* (COSTA, 1982) que constituem o primeiro, têm menos de 5 × 5 m e, porque sendo Janeiro, a biomassa é mínima, logo o contraste entre este sapal e o de Quenopodiáceas, com dominância de *Arthrocnemum sps.* é muito fraco. Note-se, no entanto, que a distinção dos dois tipos de sapal só pode ser realizada em fotografia aérea de grande escala (1:5 000) e a das espécies, no terreno. Além disso a situação da maré não é óptima para este tipo de estudos, que devem ser feitos durante a baixa-mar viva.

M. EUGÉNIA S. A. MOREIRA

### BIBLIOGRAFIA

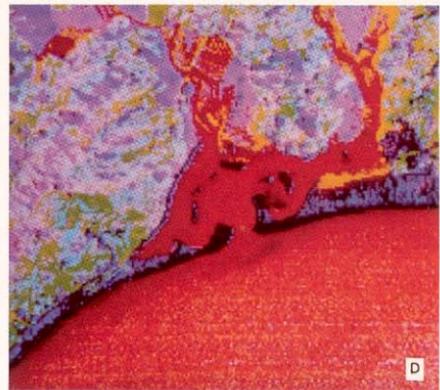
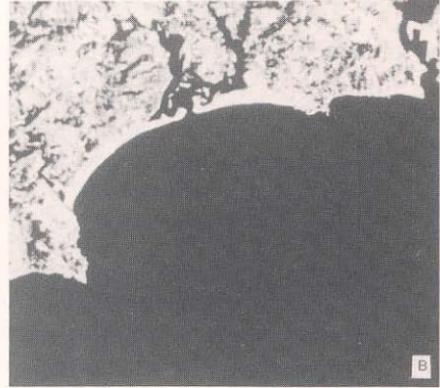
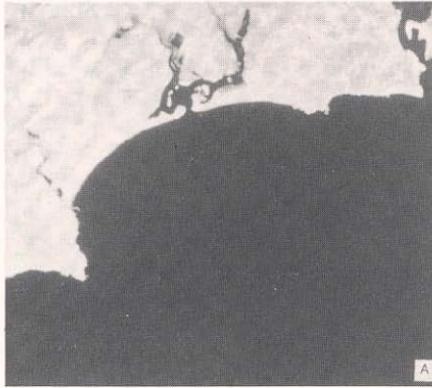
- BARTLETT, D. (1981). — «In Situ Spectral Reflectance Studies of Tidal Wetland Grasses». *Photog. Eng. Rem. Sensing*, vol. XLVII (12), p. 303-314.
- BYRNE, G. R.; CRAPPER, P. F.; MAYO, K. K. (1980). — «Monitoring Land Cover Changes by Principal Components Analysis of Multitemporal Landsat Data». *Remote Sensing of Environment*, 10, p. 175-184.

- COSTA, M. A. S. (1982). — *Esboço da Carta de Vegetação da Ria de Alvor*. Relatório de Estágio da Licenciatura em Biologia, Fac. Ciências, Universidade de Lisboa, 97 p. pol.
- JACKSON, M. J. *et al* (1983). — «The use of Thematic Mapper data for land cover discrimination: preliminary results from the UK SATMAP Programme». *Natural Environmental Research Council*, 17 p.
- JOHNSSON, Torbjörn (1985). — *Landsat TM for Forest and Geomorphology Mapping*. Forestry Remote Sensing Laboratory, Swedish University of Agricultural Sciences (Umea), 18 p. pol.
- KLEMAS, V. (1976). — «Remote Sensing of Coastal Wetland Vegetation and Estuarine water Properties». *Estuarine Processes*, vol. II, Academic Press, p. 371-403.
- Mc EWEN, R. B.; KOSCO, W. J.; CARTER, V. (1976). — «Coastal Wetland Mapping». *Photog. Eng. Rem. Sensing*, vol. XLII (2), p. 87-99.
- MOREIRA, M. E. S. A.; OLIVEIRA, E. (1985). — «Estuário do Sado: Identificação de Unidades Fisiográficas a partir de Imagens Landsat». *Comunicação ao I Seminário Nacioanl Sobre «Cartografia Temática e Cadastral»*, Lisboa, 28 p.
- MOREIRA, M. E. S. A.; COELHO, V.; SILVESTRE, S.; DIAS, L.; OLIVEIRA, E.; HENRIQUES, R. G. (1985). — «Interpretação de Imagens Digitalizadas Obtidas por Satélites Landsat». *Comunicação ao I Seminário Nacional sobre «Cartografia Temática e Cadastral»*, Lisboa, 17 p. pol.
- NASA (1982). — *Landsat Data Users Notes*. U. S. Geological Survey, EROS DATA CENTER, Issue n.º 23, 16 p.
- OLIVEIRA, Eduardo (1980). — «Técnicas Numéricas de Processamento de Imagens». *Comunicação ao III Seminário sobre «Detecção Remota e sua Aplicação ao Estudo dos Recursos Naturais e às Actividades do Homem»*. Lisboa, 17 p. pol.
- OLSSON, L. (1985). — «Applications of Remote Sensing, GIS and Spatial Models in Semi-Arid Sudan». *Lund Studies in Geography*, Ser. C., 13, 170 p.
- OWE, M.; ORMSBY, J. P. (1984). — «Improved classification of small-scale urban watersheds using thematic mapper simulations data». *International Journal of Remote Sensing*, 5, 5, p. 761-770.
- RICHARDSON, A. J.; WIEGAND, C. L. (1977). — «Distinguishing Vegetation from soil background information». *Photog. Eng. and Rem. Sensing*, 43, p. 1541-1552.
- Tabela das Marés (1983)*. — Vol. I, Portugal, Instituto Hidrográfico, Lisboa, 180 p.
- VERGER, F.; JOLY, G. (1980). — «Analyse de quelques caractères texturaux de paysages d'après les données Landsat». *Photo Interpretation*. 2(4).



Est. I — Imagens originais dos canais TM1 (A), TM2 (B), TM3 (C) e TM4 (D) da baía de Lagos, contrastadas a partir da equalização dos histogramas.

(Imagens pertencentes ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Lisboa)



Est. II — Imagens originais dos canais TM5 (A), TM7 (B) e TM6 (C) da baía de Lagos, contrastadas a partir da equalização dos histogramas;  
D — Imagem da laguna de Alvor-Odiáxere, classificada a partir da análise em componentes principais dos canais TM5, 3 e 4 e TM3, 5 e 7.

(Imagens pertencentes ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Lisboa)