CARTOGRAFIA DE USO/OCUPAÇÃO DO SOLO POR FOTOINTERPRETAÇÃO

Um exemplo de análise sobre o concelho de Oeiras

Autores
ABRANTES[1], Ana; CARVALHO[1], Rui; FARINHA[1], Nuno;
MORGADO[2], Paulo; PEREIRA[2], Hugo; ROCHA[2], Jorge

[1] alunos do 3º ano do curso de licenciatura em Geografia, variante de Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica
[2] docentes do curso de licenciatura em Geografia, variante de Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica

Resumo

O artigo pretende demonstrar como as evoluções tecnológicas e científicas têm contribuído para um melhor conhecimento dos fenómenos que decorrem à superfície terrestre, e consequentemente para um mais correcto ordenamento do território. Nele se expõem alguns dos métodos e técnicas que se foram desenvolvendo e experimentando no decurso dum projecto[1] de monitorização da evolução do uso do solo para área metropolitana de Lisboa. O que aqui se relata não são somente os procedimentos técnicos relativos à fotointerpretação de fotografias aéreas verticais, e consequente produção da cartografia de uso do solo, mas também uma proposta metodológica para análise, quer quantitativa, quer qualitativa da dinâmica de uso do solo, para os anos de 1991 e 1995. Para sua concretização recorreu-se às Tecnologias de Informação Geográfica (TIG), em que a integração de informação geográfica proveniente dos processos de fotointerpretação e análise espacial por aplicação de algoritmos complexos, mediante acesso a avançados programas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), é realizado com relativa facilidade e em tempo útil. A área teste é um extracto do território do concelho de Oeiras, escolhida por duas razões: proximidade física, que permitiu as várias visitas ao terreno; e o facto de se tratar de uma área periurbana, onde a heterogeneidade de usos do solo é rica e é sabido terem ocorrido um conjunto significativo de transformações para os anos em estudo. O exercício foi desenvolvido no decurso dos trabalhos práticos da cadeira de Cartografia Temática do

[1] CARTUS AML – Cartografia de Uso do Solo da Área Metropolitana de Lisboa. coordenador: Prof. Dr. José A. Tenedório, 2001).

curso de licenciatura em Geografia, variante de Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.

Palavras-chave
Uso/ocupação do solo; fotointerpretação; sistemas de informação geográfica; ordenamento do território e análise espacial.

Introdução

A celeridade a que ocorrem as transformações sobre a superfície terrestre não tem tido resposta adequada resultando, muitas das vezes, na criação e formação de espaços desajustados à função que lhe está afectada, e por conseguinte barreiras ao processo de desenvolvimento. Em suma, temos espaços desordenados, muitas das vezes órfãos de um plano, e outras vezes presos a um mau plano. O apelo à inclusão de renovados e mais desenvolvidos métodos e técnicas de avaliação e de manuseamento da informação de base geográfica, tem-se revelado fundamental no processo de ordenamento, quer na fase de caracterização, análise e diagnóstico, quer na fase de definição de propostas estratégicas e de programação. As TIG, pela articulação de duas das suas componentes: Detecção Remota (fotointerpretação) e SIG, têm provado serem instrumentos fundamentais para aqueles que têm a responsabilidade de gerir e decidir sobre onde, como e quando intervir no território. Com o intuito de operacionalizar este pressuposto teórico, e cumprir com o objectivo proposto, estruturou-se este artigo no sentido de responder a perguntas: como se produz uma carta de uso do solo por interpretação (analógica e sobre o monitor) de fotografias aéreas verticais? Como se define e constrói uma legenda? Quais os métodos de análise de dinâmica espacial e temporal se podem utilizar em ambiente SIG? Quais os resultados? E Quais as conclusões?

Cartografia de uso/ocupação do solo por interpretação de fotografia aérea vertical

Foi durante a década de 60 e a primeira metade da de 70 que se elaboraram os fundamentos teóricos mais completos sobre a interpretação de fotografia aérea vertical para fins civis. Durante cerca de quinze anos figurou como a técnica mais avançada de análise de documentos produzidos por detecção remota; a foto-interpretação foi utilizada em estudos

ligados a áreas tão diversas como a geologia (GUY, 1966), geomorfologia, biogeografia, arqueologia (CLOS-ARCEDUC, 1967) e agricultura (CAZABAT, 1968). Contudo, este eclectismo levou a que as questões metodológicas se tenham confinado às respectivas especialidades, o que se traduziu numa rigidez classificativa e analítica pouco adequado à realidade, em que as descontinuidades espaciais, especialmente em meio urbano, dificilmente são apreendidas com precisão a semântica exigida.

Com o aparecimento das imagens de satélite observou-se uma alteração da tendência até então verificada. Assim, a abordagem metodológica sobre interpretação de fotografia aérea foi perdendo importância, ao mesmo tempo que se verificou uma crescente necessidade e motivação, em criar e desenvolver técnicas de tratamento numérico e de extracção automática de informação sobre a superfície terrestre. Dos classificadores tradicionais de máxima verosimilhança, passando pelas técnicas de classificação indiferenciada (fuzzy), até às mais recentes e promissoras técnicas de análise de imagens orientada a objectos, a evolução nos processos de obtenção de produção de cartografia de uso/ocupação do solo tem merecido pela comunidade científica um particular interesse.

Não obstante, esta ainda não é uma opção definitiva sobretudo quando a escala de trabalho exige grande rigor e precisão. A promiscuidade de usos verificados em pequenas porções de terreno, fazem com que dificilmente se consiga extrair por tratamento numérico, segundo processos automáticos e semi-automáticos a realidade do mosaico de cobertura do solo. Numa análise custo-benefício, imagem de satélite e fotografias aéreas, o processo de foto-interpretação, torna-se bastante competitivo e com resultados excelentes, ainda que a fotointerpretação, quando realizada correctamente, requer a prévia aprendizagem de uma série de princípios e conhecimentos relativos à realidade do terreno, obtidos mediante o exercício de ida ao terreno/trabalho de gabinete/ida ao terreno.

A realização de cartografia temática com recurso a esta técnica de fotointerpretação sobre fotografia aérea vertical exige um processo interactivo de aproximações sucessivas e de segmentação (do global ao segmento, da *mancha ao objecto*) que, de uma forma bastante simples, pressupõe uma sequência de *avanços e recuos*:

- Estudo das fotografias em laboratório e anotação inicial dos limites de uso do solo;
- Comprovação no terreno (e também por comparação com outra informação colateral) e recolha de dados;
- Novo estudo das fotografias em laboratório e delimitação final das áreas.

FARIÑA TOJO (1990) destaca os seguintes aspectos no que diz respeito à observação e interpretação de fotografias aéreas:

- Identificar os objectos ou áreas homogéneas, o que requer uma detecção prévia através de um reconhecimento completo dos aspectos formais;
- Interpretar, que permite extrair da fotografia a informação desejada. A interpretação deve ser realizada por alguém com experiência no ramo.

A metodologia utilizada para a identificação, varia com o tipo de território e com o elemento estudado mas, em geral, deve basear-se em seis factores: Textura, forma, tamanho, sombra, localização (absoluta e/ou relativa) e estrutura espacial dos elementos.

Para que um objecto possa ser observado numa fotografia, há que possuir dimensões mínimas, que dependem principalmente da escala, embora outros factores como o poder de resolução e a emulsão fotográfica, a cor e forma do objecto, e a cor de fundo, também possam influir no processo. As sombras podem facilitar a identificação quando acentuam o contorno dos elementos, ou dificultar a observação quando ocultam objectos básicos.

A foto-interpretação como acto não linear requer um trabalho analítico-dedutivo, sintetizando as relações existentes entre a identificação e a interpretação, não de forma independente, mas cíclica (identificação - interpretação - identificação). Tem também implícito um conhecimento das condições de execução da fotografia (condicionantes atmosféricas e escala) e de um variado leque de informações adicionais (data e hora do registo, filme e filtros utilizados). Não obstante vantagens e desvantagens inerentes da aplicação deste método, com o avanço tecnológico no domínio da computação e com os surgimentos dos ortofotomapas, passou a ser possível vectorizar directamente sobre o monitor as fotografias aéreas, com excelentes ganhos de rigor, tempo e precisão. O

esquema seguinte (figura 1) ilustra todos as etapas processuais para a obtenção da carta de uso do solo, por interpretação de fotografia aérea vertical, para os anos em estudo.

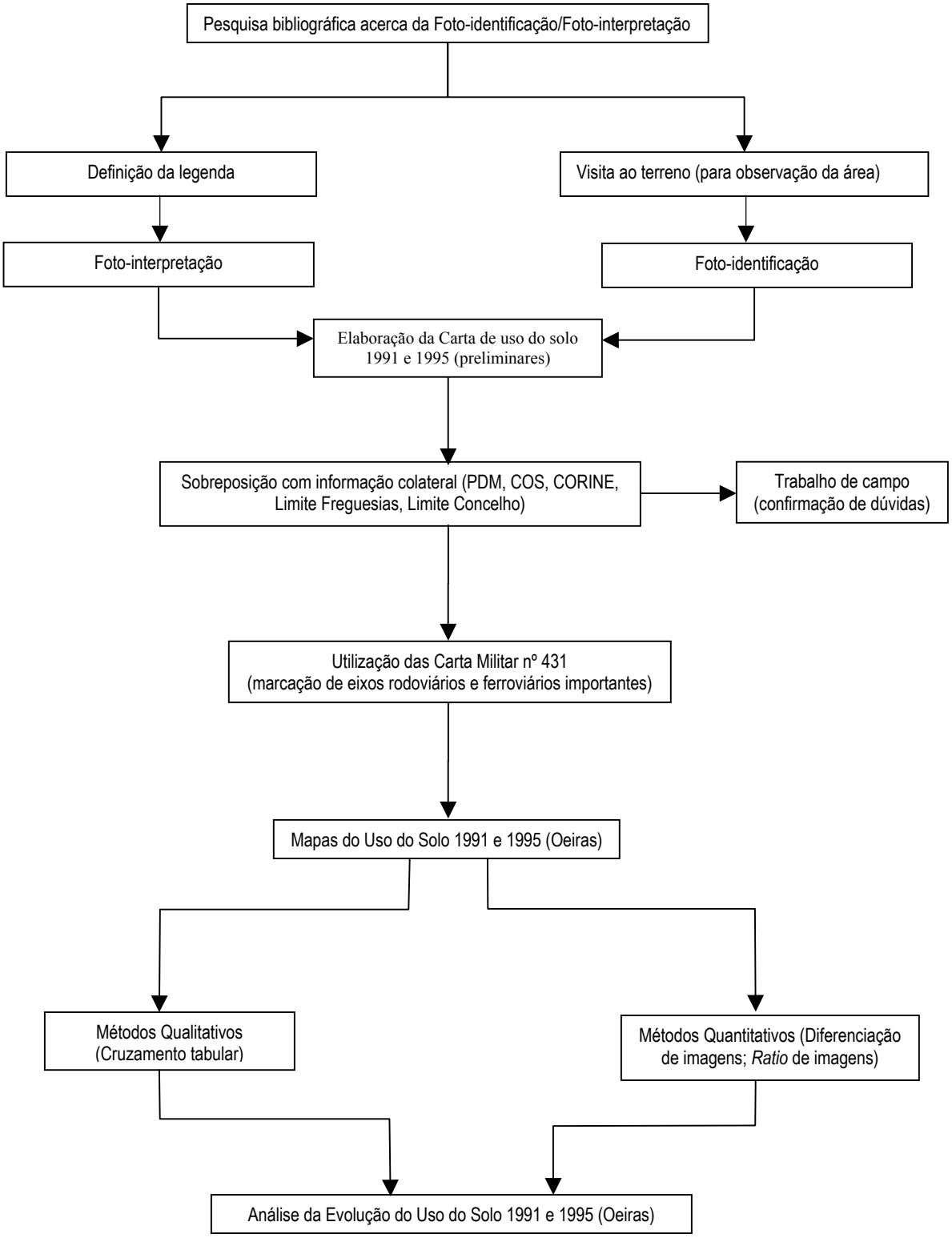


Figura 1 – Esquema Conceptual de produção de cartografia de uso do solo por interpretação de fotografia aérea vertical

Pode-se assim afirmar que a integração SIG *vs.* Detecção remota tem, no estudo da análise evolutiva das transformações decorridas sobre o uso do solo, um aplicabilidade quase directa, com claros ganhos de precisão e rapidez à medida que se têm desenvolvido novos algoritmos computacionais. conforme se pretende demonstrar neste artigo. Não obstante, esta metodologia não constitui uma panaceia para todos os problemas de ordenamento. A complexidade de situações existentes e a dificuldade de criação de uma semântica comum é por demais evidente aquando da necessidade de determinar uma legenda suficientemente explícita e representativa das transformações decorridas entre datas, para uma mesma porção do territórios.

Definição da Legenda

Os progressos tecnológicos obtidos até ao presente, com a capacidade de determinar mosaicos de ocupação do solo por processos numéricos automáticos, cingem-se à constituição de classes de uso do solo o suficientemente generalistas para absorver todos os casos existentes, mas que por constituírem um nível de agregação demasiado elevado carecem, de conteúdo informativo mais detalhado, tal como se exige para uma carta de uso/ocupação do solo. Aliás, o carácter funcional ("uso") foi sempre privilegiado na constituição da legenda, muito na linha do raciocínio exposto por LILLESAND; 2004 (*et* al) *land use relates to the human activity or economic function associated with a specific piece of land (...) land use could be described as urban use, residential use, or single-family residential use.*

Sintetizando, os aspectos que se prendem com o estabelecimento de uma legenda, e na impossibilidade de se ser exaustivo (dada quantidade e a diversidade de situações existentes), procurando todavia encontrar o melhor acordo possível, entre a realidade e a representação fiável dessa realidade, destacam-se algumas considerações fundamentais:

- A escala da representação gráfica deve ser um aspecto a ter sempre em atenção. A legenda não deve conter categorias cujas dimensões as tornem imperceptíveis no mapa. Por outro lado, é fundamental que mostre claramente o assunto tratado e o resultado pretendido.

- A determinação das primeiras grandes manchas de uso do solo (foto-identificação), deve sempre preceder ao exercício de encontrar segmentações desses grandes usos (foto-interpretação) por forma a ganhar maior detalhe e rigor.
- O recurso a outros mapas[2] (temáticos e topográficos), assim como a cartas-imagem e idas ao terreno são procedimentos de estudo fundamentais para minorar a dificuldade que há na constituição de uma legenda. Deve-se procurar encontrar padrões e similitudes que possam ajudar a dissipar dúvidas e a cristalizar decisões.
- O graficismo merece um cuidado especial; a carta deve permitir uma leitura fácil, mediante uma selecção cuidada dos itens da legenda. A informação demasiado espartilhada dificulta a leitura e torna-se perniciosa para a restituição cartográfica, tornando o tratamento da informação moroso e/ou dispendioso. Acrescente-se que dificilmente se deve subestimar a estética, pelo menos o respeito pelos princípios básicos de aplicação da cor.
- No caso da cartografia policromática, a coloração deverá, tanto quanto possível, corresponder às cores naturais dos objectos representados (florestas a verde, planos de água a azul, culturas cerealíferas a amarelo, indústrias a roxo, etc.). É pertinente reservar a mesma tonalidade para objectos com afinidades: os vários tons de vermelho para os diferentes aspectos da ocupação urbana e o roxo para as situações relacionadas com a indústria.

Assumidas estas considerações, constituiu-se uma legenda composta por 14 classes. Cada classe associa o conjunto de objectos que lhe dão forma e/ou as funções que os tornam socialmente referenciáveis. Procura-se assim estabelecer uma ponte entre os princípios e regras da cartografia temática, com o mapa mental que se tem das estruturas funcionais que ocupam o território. Foi com esta preocupação que se definiram as nomenclaturas que compõem a legenda das cartas de uso do solo, para os anos de 1991 e 1995.

[2] A legenda foi construída com base na legenda do projecto *Corine LandCover* (ISPRA, 1991, Italy), Cartografia de Ocupação do Solo - COS'90 (CNIG, 1990, Portugal), Carta de Ordenamento do Plano Director Municipal de Oeiras (C.M.Oeiras, 1990, Portugal) e em cartografia militar, 1:25 000 (IgeoE, 1991, Portugal).

Quadro I - Conceitos da Legenda

	LEGENDA E CÓDIGOS	*Definição*
Ca	NÚCLEO URBANO CONSOLIDADO	Área de implantação antiga, e ou conjunto de edifícios de habitação, equipamentos colectivos, espaços comerciais e de serviços. Pequenas unidades industrias e armazéns de apoio, garagens, ruas, avenidas, jardins e praças.
Hp	ÁREA DE HABITAÇÃO (RESIDENCIAL) PLURIFAMILIAR	Área onde dominam edifícios residenciais com 3 ou mais pisos.
Hu	ÁREA DE HABITAÇÃO (RESIDENCIAL) UNIFAMILIAR	Área onde dominam edifícios residenciais com menos de 3 pisos (moradias).
Ge	ÁREA DE GRANDES EQUIPAMENTOS E INFRA-ESTRUTUTRAS	Área onde se verifica a existência de grandes edifícios como hospitais, escolas, grandes superfícies comerciais, grandes campos de jogos, estádios, estações de transportes públicos e parques de estacionamento à superfície.
Pi	ÁREA PORTUÁRIA, INDUSTRIAL E DE ARMAZENAGEM	Área de industrias, armazéns, portos de acostagem e instalações portuárias em geral, tubagens e outras instalações de declarada actividade industrial.
Im	INSTALAÇÕES MLITARES E FORTIFICAÇÕES	Área de infra-estruturas militares e de defesa. Vedações militarizadas, quartéis, paradas, fortes e postos de vigia e controlo.
Av	ÁREAS VERDES URBANAS	Área de vegetação inserida na malha urbana, com uso de recreio e lazer.
L	LOTEAMENTO	Terreno parcelado, com o fim de serem construída uma área residencial e/ou comercial, sendo visíveis as terraplanagens, os arruamentos, sulcos para infra-estruturas, e outras intervenções com intuito de construção.
Iv	TERRENOS INCULTOS E (OU) VAZIOS URBANOS	Terrenos abandonados e ou "expectantes". Lotes integrados na malha urbana, ou nos espaços contíguos, e sem uso afecto.
Ap	AREEIRO/PEDREIRA	Área de extracção de areias, rochas ornamentais. Terras soltas em talude.
A	ÁREA AGRÍCOLA	Vinhas, culturas de sequeiro ou regadio, pomares e hortas.
Pc	PRAIA, ARRIBAS E FORMAÇÕES VEGETAIS COSTEIRAS	Áreas costeiras com areal ou com vegetação, geralmente rarefeita.
M	MATO	Áreas com vegetação desorganizada, coberto arbustivo e ou herbáceo.
Fm	ÁREA FLORESTAL E MATAS	Áreas dominadas por vegetação de porte arbóreo. Pinheiral, eucaliptal, olival, etc.

Em suma, sobre a definição conceptual da legenda, pode-se dizer que é resultado de um processo gradual de procura de acordos entre o empirismo (conhecimento vivido do território de estudo) e o cognitivo (conhecimento adquirido do estudo e observação). Esta foi a metodologia encontrada para sintetizar e simplificar a complexidade que assiste à definição das classes de uso de solo de um espaço onde a heterogeneidade de usos é a dominante.

Para que uma melhor leitura se pudesse fazer da legenda, foi ainda estabelecida uma hierarquia que fosse capaz de reflectir: 1) uma dicotomia espaços artificialiazados, construídos e claramente de acção antrópica vs. Espaços naturais ou semi-naturais, livres de construção e permeáveis.

Quadro II - Hierarquização da legenda

	LEGENDA E CÓDIGOS
	ÁREAS RESIDÊNCIAS
Ca	NÚCLEO URBANO CONSOLIDADO TERRENOS INCULTOS E (OU) VAZIOS
Hp	ÁREA DE HABITAÇÃO (RESIDENCIAL) PLURIFAMILIAR
Hu	ÁREA DE HABITAÇÃO (RESIDENCIAL) UNIFAMILIAR
	ÁREAS DE EQUIPAMENTOS E SUPERFICIES ARTICIFIALIDADAS
Ge	ÁREA DE GRANDES EQUIPAMENTOS E INFRA-ESTRUTUTRAS
Pi	ÁREA PORTUÁRIA, INDUSTRIAL E DE ARMAZENAGEM
Im	INSTALAÇÕES MILITARES
	ÁREAS VERDES ARTIFICIAIS
Av	ÁREAS VERDES URBANAS
	ÁREAS ARTIFICIALIZADAS SEM VEGETAÇÃO
L	LOTEAMENTO
Iv	TERRENOS INCULTOS E (OU) VAZIOS
Ap	AREEIRO/PEDREIRA
	ÁREAS COM USOS AGRÍCOLAS
A	ÁREA AGRÍCOLA
	ÁREAS COM USOS FLORESTAIS E MEIOS SEMI-NATURAIS
Pc	PRAIA, ARRIBAS E FORMAÇÕES VEGETAIS COSTEIRAS
M	MATO
Fm	ÁREA FLORESTAL E MATAS

Métodos e técnicas de análise espacial de evolução da mudança de uso do solo

No âmbito dos trabalhos de cartografia do uso do solo, a mudança é definida apenas duma forma qualitativa, por comparações lado-a-lado de duas cartas de uso do solo, de datas diferentes e para uma mesma porção do território, ou mediante acesso ao digital - programas de desenho (CAD), ou de produção de cartografia temática simples (*desktop mapping*) - por sobreposição, impressão e leitura visual (figuras 2 e 3).

Figura 2 – Carta de Uso do Solo para um extracto do território do concelho de Oeiras, 1991

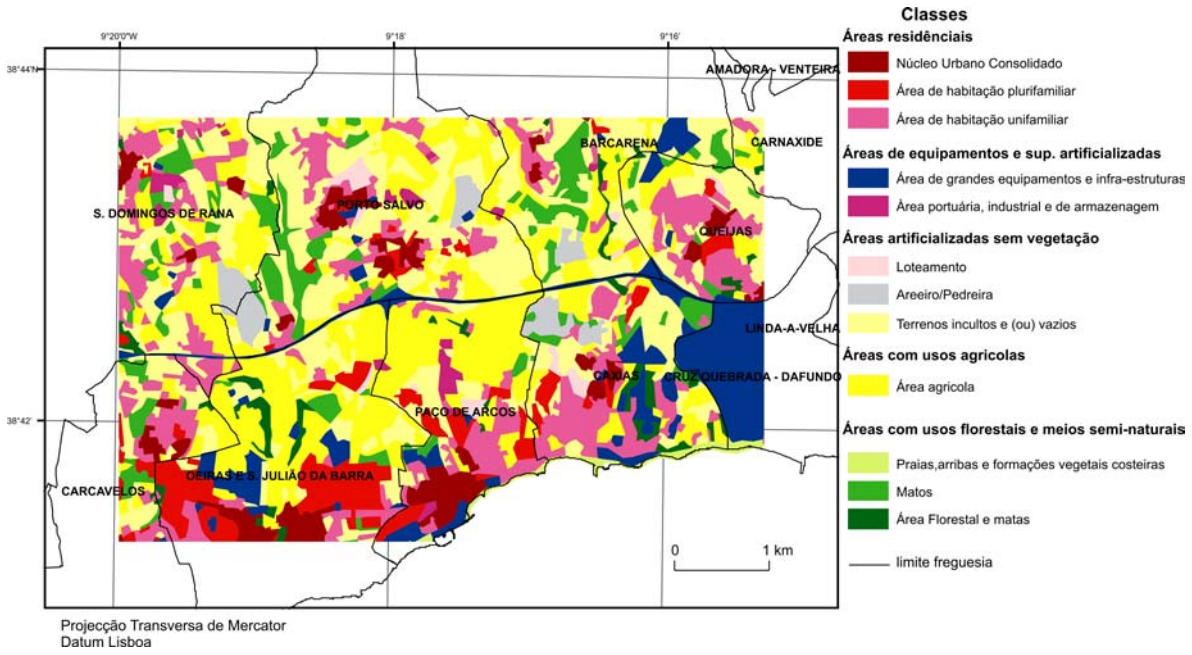
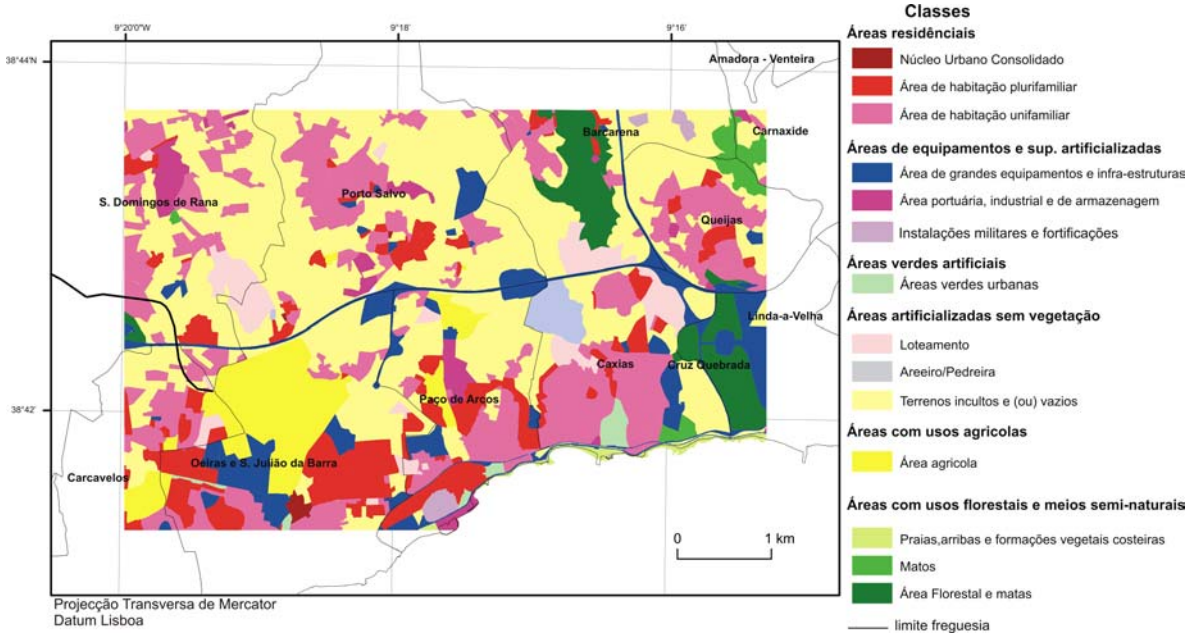


Figura 3 – Carta de Uso do Solo para um extracto do território do concelho de Oeiras, 1995



Todavia, tal não é suficiente. Importa de igual modo definir a mudança de uso do solo de uma forma quantitativa. Actualmente, dado o facilitado acesso, quer em termos sociais, quer económicos, a um leque variado de programas e máquinas com capacidade computacional para processarem quantidades significativas de variáveis, em simultâneo, o exercício de quantificar e medir com precisão e rigor a dinâmica de uso do solo torna-se exigível ao geógrafo, no seu trabalho.

Os Métodos

Com a obtenção dos mapas do uso do solo para os respectivos anos procedeu-se à análise quantitativa e qualitativa da mudança. Para a análise quantitativa experimentaram-se e analisaram-se, os resultados obtidos de dois métodos: o método da diferenciação de imagens (*Imagedifferencing*) e o método do ratio de imagens (*Imageratioing*). Como principal vantagem apresentam o facto de serem expeditos e de fácil realização, bastando subtrair a imagem mais recente pela mais antiga (no caso da diferenciação de imagens) ou dividindo a imagem mais recente pela mais antiga (no caso do ratio de imagens). Quanto à análise qualitativa, fez-se uso e analisaram-se os resultados do método da matriz de cruzamento de classes (*crosstabulation*), a qual permite verificar que mudanças ocorreram, entre usos do solo, para datas diferentes.

Métodos de Análise Quantitativa

A análise deste dois métodos deve ser efectuada com base na legenda previamente definida e hierarquizada, em que o valor de 1 foi atribuído ao uso do solo mais *natural* (exemplo) e o valor 14 ao uso do solo mais *artificializado* (exemplo), e assim sendo, no caso da diferenciação de imagens, um valor de 0 corresponderá a uma situação em que não se verificou alteração do uso do solo e no caso do ratio de imagens um valor de 1 corresponderá a uma situação semelhante.

Caso o objectivo seja ilustrar ou mostrar uma situação de evolução do uso do solo numa classificação em três classes, não se verificam problemas pois todos os valores que se situem abaixo dos acima referidos reportam-se às situações de evolução do uso do solo, em que se passa de usos relacionados com uma classificação *artificial* para usos mais *naturais*,

enquanto os valores positivos se referem à situação inversa. Todavia, esta situação não se verifica para uma classificação com mais de três classes. Neste caso é necessário encontrar um limiar ou intervalo lógico, que poderá ser experimentado através da utilização de um histograma de frequências e em testes empíricos, afim de verificar o rigor da classificação (Lillesand *et al*, 2004,p.597).

Com a aplicação destes dois métodos, foi possível determinar as áreas que não sofreram alterações de uso do solo no período em análise (Quadro III), bem como as áreas em que se verificaram alterações de uso do solo.

Quadro III

	Diferenciação de Imagens/Ratio de Imagens (hectares)	**Diferenciação de Imagens/Ratio de Imagens (%)**
Áreas em que se verificou Mudança do uso do solo	1570	55,1
Áreas em que não se verificou mudança do uso do solo	1277	44,9
Total	2847	100

De notar a extensão de áreas em que se verificaram alterações de uso do solo (1570 hectares - 55,1% da área total). Destas áreas em que se verificaram alterações de uso do solo, em 889 hectares verificou-se uma mudança de usos do solo relacionados com a actividade *artificial* para usos relacionados com os meios *naturais*, e a situação inversa verificou-se em 681 hectares (Quadro IV).

Quadro IV

	Mudança de uso do solo (Área em hectares)			
	Diferenciação de Imagens	Ratio de Imagens	Diferenciação de Imagens (%)	Ratio de Imagens (%)
Mudança de uso do solo de antrópico para natural	889	889	31,2	31,2
Sem mudança de uso do solo	1277	1277	44,9	44,9
Mudança de uso do solo de natural para antrópico	681	681	23,9	23,9
Total	2847	2847	100	100

No Quadro V é possível verificar a situação anteriormente descrita, relativa à dificuldade de encontrar uma classificação apropriada para a análise da evolução do uso do solo, pois verificam-se diferenças de áreas que supostamente deveriam ser iguais nos dois métodos utilizados.

Quadro V - Mudança de uso do solo numa classificação em 5 classes (Área em hectares)

	Diferenciação de Imagens	Ratio de Imagens
Grande mudança de uso do solo de artificial para natural	879	801
Mudança de uso do solo de artificial para natural	10	88
Sem mudança de uso do solo	1277	1277
Mudança de uso do solo de natural para artificial	404	362
Grande mudança de uso do solo de natural para artificial	277	319
	2847	2847

Figura 4 – Áreas resultantes do método de diferenciação de imagens

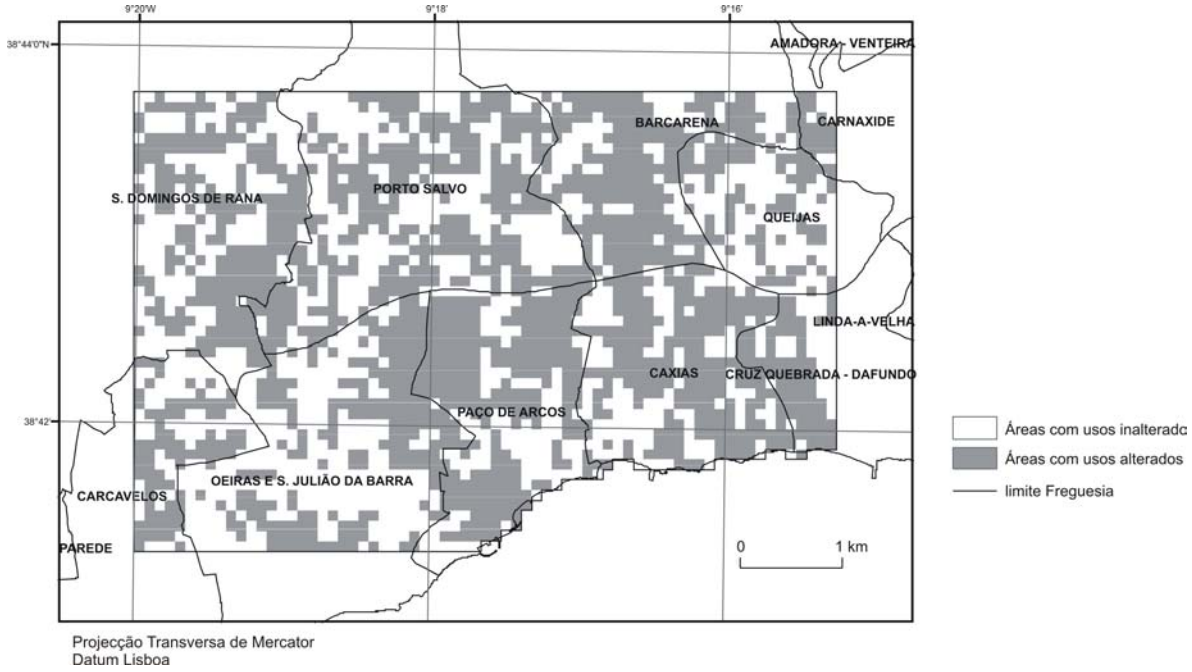
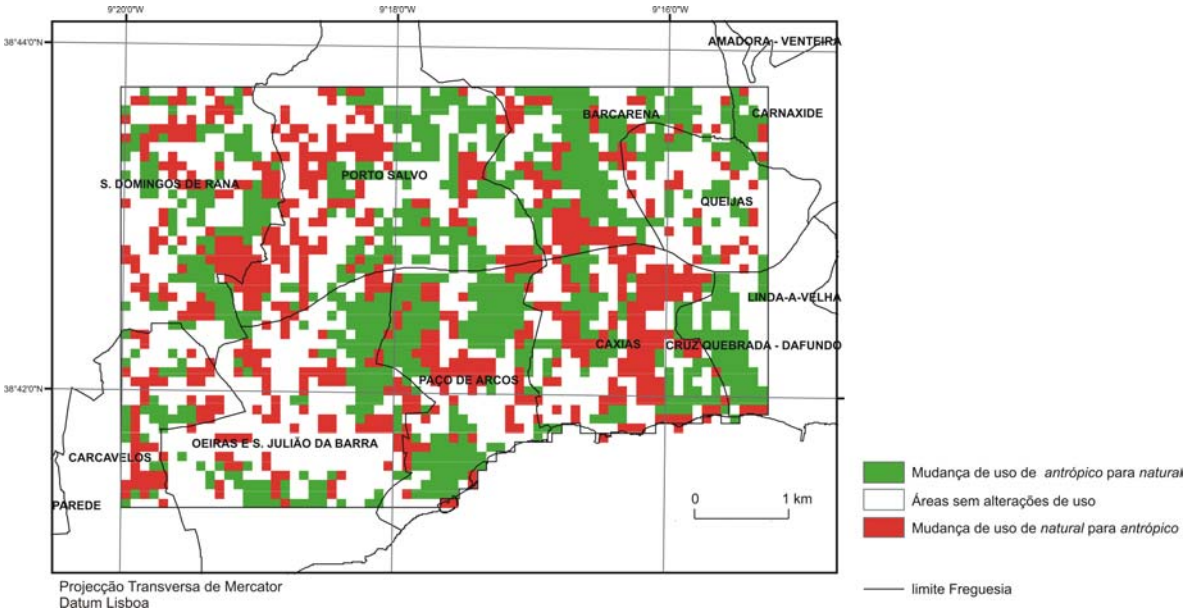


Figura 5 – Áreas resultantes do método de ratio de imagens



Método da Análise Qualitativa

A técnica de Cruzamento Tabular (*crosstabulation*) é um método qualitativo em que se efectua uma matriz de classificação cruzada que permite realizar uma avaliação das alterações ocorridas entre duas imagens de datas diferentes.

Quadro VI – Matriz de Cruzamento de variáveis

			91													
			0	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	***Total***
			Nulo	Fm	M	Pc	Iv	A	Ap	L	Pi	Ge	Hu	Hp	Ca	
		Nulo	1123	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	***1127***
	1	Fm	0	11	27	0	20	15	1	0	0	56	3	1	0	***134***
	2	M	0	4	7	0	21	9	0	0	0	0	2	0	0	***43***
	3	Pc	3	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	***13***
	4	Iv	0	8	113	2	497	419	9	3	3	22	39	5	3	***1123***
	5	A	0	20	9	0	27	114	0	0	0	4	8	1	0	***183***
	6	Ap	0	0	6	0	3	2	13	0	0	0	3	0	0	***27***
95	7	L	0	0	2	0	43	23	32	2	0	2	2	1	0	***107***
	8	Av	0	1	0	0	0	7	0	0	0	6	2	2	0	***18***
	9	Im	0	0	0	0	2	0	0	0	2	6	3	0	5	***18***
	10	Pi	2	0	4	3	7	7	0	2	23	6	6	0	0	***60***
	11	Ge	0	3	3	2	13	35	10	0	4	128	16	5	7	***226***
	12	Hu	0	15	12	0	83	35	0	13	1	17	315	24	79	***594***
	13	Hp	0	0	9	0	33	13	0	6	0	11	36	150	37	***295***
	14	Ca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	***7***
	Total		***1128***	***62***	***192***	***20***	***749***	***679***	***65***	***26***	***33***	***258***	***435***	***190***	***138***	***2847***

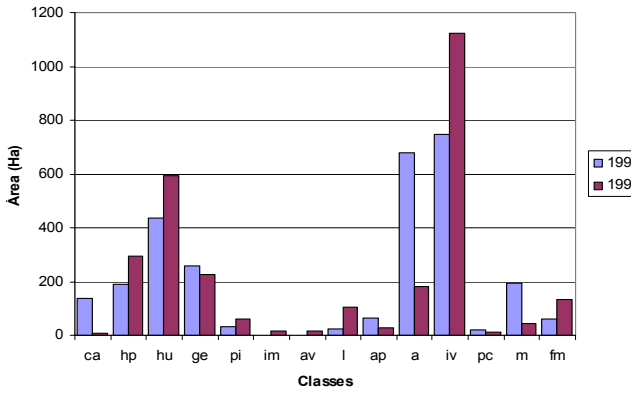
Numa primeira análise, verifica-se que os valores totais se alteram em grande parte, de 1991 para 1995 (Quadro VII), de um modo geral a mudança ocorrida não foi uniforme, pois as áreas *artificialiazadas* (sobretudo as áreas de habitação) aumentaram a sua dimensão neste período, no entanto as categorias de *Terrenos Incultos e Vazios* assim com a categoria de *Florestas e Matas* também aumentaram em detrimento das categorias de *Mato* e *Área Agrícola*, portanto não é possível afirmar que as áreas artificiais aumentaram no período de 1991 a 1995, pois a mudança foi ligeiramente complexa.

Quadro VII – Evolução de Uso do Solo

1991			1995		
	Área (ha)	Área (%)	***Classe***	Área (ha)	Área (%)	Diferença 95-91 (%)
	138	4,8	***Ca***	7	0,2	2,5
	190	6,7	***Hp***	295	10,4	-5,2
	435	15,3	***Hu***	594	20,9	-0,2
	258	9,1	***Ge***	226	7,9	13,1
	33	1,2	***Pi***	60	2,1	-17,4
	0	0,0	***Im***	18	0,6	-1,3
	0	0,0	***Av***	18	0,6	2,8
	26	0,9	***L***	107	3,8	0,6
	65	2,3	***Ap***	27	0,9	0,6
	679	23,8	***A***	183	6,4	0,9
	749	26,3	***Iv***	1123	39,4	-1,1
	20	0,7	***Pc***	13	0,5	5,6
	192	6,7	***M***	43	1,5	3,7
	62	2,2	***Fm***	134	4,7	-4,6
Total	2847	100		2847	100	0,0

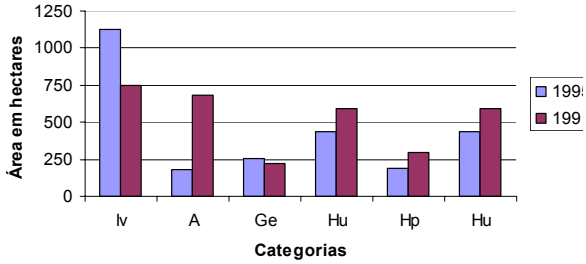
Ainda em leitura e análise evolutiva (Gráfico 1 e 2), importa referir que em 1991 a categoria de *Terrenos Incultos e Vazios* detinham a maior área (cerca de 749ha), seguido da categoria *Área Agrícola* (cerca de 679ha); em 1995 a categoria de *Terrenos Incultos e Vazios* continua com maior dimensão (1123ha), curioso é o facto de esta última categoria ceder área a praticamente todas as outras categorias em 1995, mas que é colmatada pela categoria *Área Agrícola* que cede 419ha, perante esta situação verifica-se então um abandono das actividades agrícolas, cujos terrenos se mantém sem outra actividade.

Gráfico 1 – área dos usos do solo, para 1991 e 1995



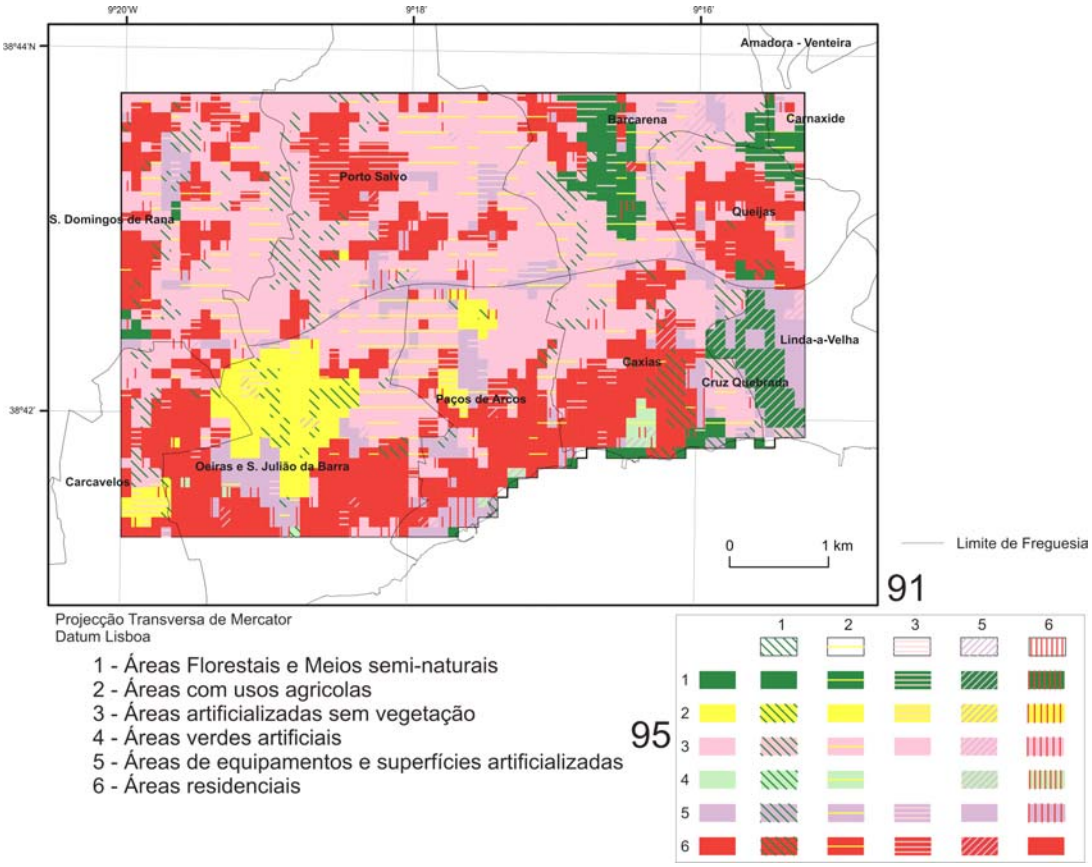
Por outro lado as categorias de *Habitação Plurifamiliar* e *Habitação Unifamiliar* viram a sua área aumentar consideravelmente neste período, curioso é o facto de a categoria *Núcleo Urbano Consolidado* ter perdido a sua expressão de 1991 para 1995, 138ha para 7ha respectivamente, sendo que foi ocupado pelas duas áreas de habitação referidas anteriormente.

Gráfico 2 – Evolução das classes de uso do solo com maior representatividade, para os anos de 1991 e 1995



Em 1995 registam-se duas novas categorias, *Áreas Verdes Urbanas* (Av) e *Instalações Militares* (Im), pela matriz de *Crosstabulation* é possível verificar que as categorias de *Grandes Equipamentos e Infra-Estruturas* e *Habitação Unifamiliar* cederam área a estas novas categorias

Figura 6 – Áreas resultantes do método da Matriz de Cruzamento de variáveis, para os anos de 1991 e 1995



Em jeito de síntese, pode-se dizer que os métodos quantitativos utilizados revelaram-se satisfatórios para uma primeira abordagem à problemática da evolução do uso do solo, em que o ênfase da investigação incide na apuramento e quantificação das áreas em que se verificou uma mudança de uso do solo e áreas em que o uso do solo se manteve inalterado. Contudo, estes métodos têm as suas limitações pois não permitem uma análise mais pormenorizada acerca de cada classe de uso do solo, bem como a quantificação da área relativa de cada uma das classes de uso do solo.

O método da matriz de cruzamentos de variáveis, classificado como de análise qualitativa, revelou-se o método mais satisfatório pois permitiu uma análise mais exaustiva e pormenorizada das diferentes classes de uso do solo e da sua evolução, assim como a quantificação das suas áreas e importância relativa na área em estudo.

Conclusões

No decurso deste artigo, em que objectivo proposto era o de demonstrar que as evoluções tecnológicas e técnicas são um contributo fundamental para o ordenamento do território, cremos que ficou provada a tese de que um conhecimento do mosaico de usos do solo, e de que forma este têm evoluído, é imprescindível àqueles que têm a responsabilidade de gerir e decidir sobre o território. Integrados neste grupo de empresas, estão os geógrafos e dessa responsabilidade não podem fugir pela prisão que a herança desta ciência lhes deixou e da qual são representantes.

Nesta medida, temos por obrigação permanentemente investigar, questionar e procurar aproveitar de todos os instrumentos cujas faculdades permitam conferir ao seu trabalho melhores oportunidades de produzir mais e melhor conhecimento, de se mais eficiente e eficaz e de responder de forma tão mais célere possível, quanto os fenómenos o a sociedade o exijam.

A possibilidade de poder dispor de um inventário multi-temporal de uso/ocupação do solo é tão mais importante quanto o aumento da velocidade a que ocorrem transformações sobre o território. A par destas mudanças, a evolução das tecnologias e das técnicas tem permitido recorrer a processos automáticos e semi-automáticos de análise e avaliação, quer qualitativa, quer quantitativa (com rigor e precisão) da dinâmica de uso do solo. A importância da informação obtida pela aplicação destes métodos computacionais constitui uma ajuda preciosa à definição e ou re-definição de modelos de organização do território, de combate aquilo que já são problemas crónicos no quadro do ordenamento do território e do desenvolvimento do país, nomeadamente descontinuidades espaciais, território estilhaçado, povoamento disperso e casuística, a proliferação de terrenos incultos e de vazios urbanos, fragmentação do espaço, etecetera.

O exercício que aqui relatamos e a que nos propusemos tem como intuito primeiro demostrar que é fundamental ao geógrafo o uso continuado de renovadas técnicas e métodos de análise de informação geográfica, de modo a melhor poder dar resposta às necessidades sociais. Mas este não era o único propósito deste artigo, numa leitura mais

alargada cremos que se pode daqui retirar uma interpretação: que uma geografia quantitativa apostada nas TIG é, não só um factor de empreendorismo científico, mas também uma alavanca de afirmação da Geografia na comunidade científica, assim como dos geógrafos na sociedade e muito particularmente no mercado de trabalho relacionada com todas as actividades que directa, ou indirectamente trabalham com informação geográfica. Em comparação com outras formas de estar e praticar a profissão, uma Geografia computacional tem ainda um oceano para percorrer, e novos mundos por descobrir que a rejeição, deturpação, ou apoio pouco vincado traduzir-se-à numa política fatal para a Geografia portuguesa, e um claro obstáculo para o processo de desenvolvimento do País, e da sua aposta em chegar junto dos mais desenvolvidos da comunidade europeia.

Bibliografia

Livros

EASTMAN, J.; McKENDRY, J.; KULK, M. (1992) – Explorations in Geographic Information Systems Technology, vol. 1 – Change in Time Series Analysis. UNITA, Suiça.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. (2004) – Remote Sensing and Image Interpretation, 5ª Ed., John Wiley & Sons, New York, 763 pp.

ROBINSON, A. H.; et all. (1995) – Elements of Cartography, 6ª Ed., John Wiley & Sons, London, 674pp.

Teses

ENCARNAÇÃO, S. A. (2000) – Observação da Mudança de Ocupação do Solo por Detecção Remota. Experimentação sobre o sector de Oeiras. Trabalho final de Licenciatura em Geografia e Planeamento Regional e Urbano, Departamento de Geografia da FCSH/UNL, policopiado, 88pp.

TENEDÓRIO, J. ª (1989) – Concepção de cartas de uso e de evolução do solo por interpretação de fotografia áerea vertical. Exemplo metodológico. Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional, FCSH/UNL. Instituto Nacional de Investigação Científica, policopiado, Lisboa, 79 pp.

Manuais

EASTMAN, J. R. (2001) – IDRISI's User's Guide. Clark University, Worcester-MA, Graduate School of Geography, Clark Lab, 192pp.

GIS by ESRI (2002) - Using ArcGIS Spatial Analyst with contributing writers Steve Kopp, Brett Borup, Jason Willison and Bruce Payne. ESRI, New York Street, USA. 227pp.