

## **A imagem de satélite na actualização cartográfica: duas aplicações**

**José da Silva RODRIGUES  
Vasco Vitorino da Silva ANTÓNIO**

Instituto Geográfico do Exército

Av. Dr. Alfredo Bensaúde, 1849-014 LISBOA (PORTUGAL)

Tel.: +351.218505300 Fax: +351.218532119 e-mail: rodrigues@igeoe.pt / igeoe@igeoe.pt

### **Resumo**

*A elevada dinâmica a que se assiste na ocupação dos solos, nomeadamente dos solos rurais, a transformação das áreas florestais e a grande expansão das áreas urbanas, entre outras, determina a necessidade de dispor de cartografia que de uma forma rápida e precisa permita a representação dessa dinâmica e auxilie na interpretação de uma grande diversidade de fenómenos que lhe está associada.*

*As eras espacial e digital vieram, na sua magnitude, permitir a utilização de novas fontes, nomeadamente a imagem de satélite cuja evolução tem vindo a conquistar quota de mercado significativa devido às suas possibilidades, cada vez de espectro de utilização mais alargado, não só pela qualidade, precisão e imediata disponibilidade da fonte permitindo a representação cartográfica mas também pelo aumento significativo da resolução espacial e das suas capacidades radiométricas e espectrais.*

*A actualização cartográfica, nas suas vertentes de aquisição de informação vectorial pela extracção de elementos e cartografia imagem, constituem sem dúvida duas das aplicações de excelência da imagem sendo permitida, na actualidade, efectuar uma cobertura cartográfica de determinadas zonas, de forma rápida e precisa, e sobre as mais diversas regiões, com objectivos que vão desde o simples controlo agro-florestal e ambiental até à sua utilização nas mais diversas missões de apoio à paz no âmbito internacional.*

*Contudo a precisão dos resultados é obviamente condicionada pelos procedimentos executados, quer pela rigidez de processos e pela adopção de parâmetros, quer ainda pelo permanente controlo de procedimentos e validação das etapas intermédias na cadeia de produção, sendo aqui apresentados de forma sumária alguns aspectos determinantes na consecução de bons resultados na exploração deste tipo de informação com os propósitos de actualização cartográfica.*

**Palavras-chave:** imagem de satélite, pré-processamento, fusão de imagem, ortorectificação, ajuste de contraste e intensidade, resolução espacial, re-amostragem,

atualização cartográfica.

### Abstract

*The high dynamics in soil occupation, namely in rural soils, the florestal areas alteration and the urbane areas great spreading are, among others, factors that compel to the necessity of having a fast, accurate access to cartography, thus attaining that dynamics and the help to interpret a wide variety of phenomena associated to it.*

*The spatial and digital ages have, in a great measure, made possible the access to new resources, namely the satellite image the development of which is conquering an important quota in the market due to its ever-increasing use, either for its quality or accuracy and immediate availability, allowing not only the cartographic representation but also the considerable increment of the space resolution and the increase of its radiometric, spectral capacities.*

*The cartographic updating in areas such as the vectorial information acquisition, by the acquisition of some elements, and the cartography images are two important applications of the image, and nowadays we can make a cartographic survey of some specific areas, in a vast, accurate way and over very diversified regions, with purposes such as the agronomic, florestal or surroundings control or the use in a wide range of missions of support to peace within an international scope.*

*Yet, the accuracy of the conclusions is no doubt conditioned by the procedures, validation and continuing control in the intermediate steps of the production chain.*

*We present here, in way of abstract, some of the positive results in the exploitation of this kind of information with the purpose of a cartographic updating.*

**Key words:** satellite image, pre-processing, image fusion, orthorectification, contrast and intensity adjustment, spatial resolution, resampling, cartographic updating.

### Résumé

*La haute dynamique à laquelle on assiste dans l'occupation des sols, notamment des sols ruraux, la transformation de la forêt et la grande expansion des aires urbaines, entre autres, déterminent le besoin de disposer de cartographie qui d'une façon rapide et précise permette la représentation de cette dynamique et aide l'interprétation d'une grande diversité de phénomènes qui lui sont associées.*

*Les ères spatiale et numérique permettent dans leurs magnitudes l'utilisation de nouvelles sources, nommément, l'image satellite dont l'évolution est en train de conquérir une partie significative du marché dû à ses possibilités, de spectre d'utilisation de plus en plus large, non pas seulement par la qualité, la précision et la disponibilité immédiate de la source permettant la représentation cartographique mais aussi l'augmentation significative de la résolution spatiale, ainsi que l'augmentation de ses capacités radiométriques et spectrales.*

*La mise à jour cartographique constitue, sans doute, deux des applications d'excellence de l'image qui permet aujourd'hui de faire une couverture cartographique de certaines zones, de façon rapide et précise et sur les régions les plus diverses, avec des objectifs qui vont du simple contrôle des surfaces agricoles, forestières au contrôle de l'environnement jusqu'à son utilisation dans les missions les plus diverses d'appui à la paix au niveau international.*

*Cependant la précision des résultats est évidemment conditionnée par les procédures utilisées, soit par la rigidité des processus et par l'adoption de paramètres, soit encore par le contrôle permanent de procédures et validation des étapes intermédiaires dans la chaîne de production. Ici, nous présentons de façon sommaire quelques aspects déterminants pour l'obtention de bons résultats dans l'exploitation de ce type d'information avec le propos de la mise à jour cartographique.*

**Mots-clés :** Image satellite, pré-traitement, fusion d'image, orthorectification, adaptation de dynamique et d'intensité, résolution spatiale, rééchantillonnage, mise à jour cartographique.

## **1. Introdução**

A cartografia constitui na sua essência a base de planeamento das áreas mais significativas da actividade governativa de um Estado, quer no seu contexto centralizado de desenvolvimento global quer ainda num contexto comercial de gestão de fronteiras bem como no aspecto da integridade de valores de um povo.

De facto segundo Filipe Folque, “He inquestionável que o Cadastro, a Topografia e a Estatística são os três grandes elementos da sciencia de governar, ...” (Alves *et al*, 1988), assentando a acção governativa numa base de conhecimento geo-cartográfico adequado garantindo um correcto planeamento e gestão dos recursos e implementação de políticas adequadas num contexto de desenvolvimento sustentado.

Por outro lado, a cartografia, na forma a que normalmente é associada, ou seja no seu contexto vectorial, resulta de um processo complexo, moroso mas extraordinariamente preciso que, no entanto, dificilmente acompanha a dinâmica da sociedade na sua representação geográfica, mostrando-se assim um elemento extremamente importante mas incapaz da representação real da ocupação geográfica para um grande número de aplicações em que o elemento temporal é decisivo.

Neste contexto, e na sequência da era digital, vêm emergindo no mundo da cartografia digital as potencialidades dos sensores remotos em plataformas espaciais na área da cartografia imagem<sup>1</sup> (Durand, 1996), numa perspectiva de complementaridade dos elementos de cartografia tradicional, analógica e/ou digital existentes e que na medida do possível vem sendo actualizada embora com alguns desfasamentos, obviamente condicionados pelas características orçamentais dos diferentes organismos ao nível mundial (Dexter, 1998).

---

<sup>1</sup> Cartografia com base em imagens adquiridas a partir de plataformas espaciais.

A cartografia imagem, no contexto da complementaridade referida anteriormente, surge com grandes potencialidades no âmbito da actualização cartográfica, sendo por vezes apresentada como cartografia expedita; tem o seu grande desenvolvimento na década de 80, tendo conquistado a “coroa de glória” na década de 90, precisamente durante o conflito do Golfo (Bernard, 1991). A cartografia imagem assume um papel decisivo quer no planeamento no apoio aos sistemas de armas e nos sistemas de comando e controlo quer ainda como cartografia impressa, tendo sido executadas cerca de 5 000 cópias de cartas imagem da região do conflito.

A era espacial colocou à disposição da comunidade mundial conhecimentos e meios que têm vindo a ser utilizados como elementos condutores do desenvolvimento quer em termos nacionais quer em termos internacionais, num contexto de vigilância e de missões de apoio à paz, entre outros, permitindo antever excelentes resultados cartográficos com os mais recentes satélites de alta resolução (Fraser, 1999) e, ao mesmo tempo, a aumentar significativamente a escala cartográfica de trabalho (Cheng and Toutin, 2000) vindo substituir a utilização de fotografia aérea até escalas de representação cartográfica da ordem de 1/5 000 a 1/10 000, e até mesmo com potencialidades de estereo-restituição.

Ciente das potencialidades da cartografia imagem, da evolução das plataformas e sensores espaciais e da necessidade de dispor de uma plataforma cartográfica actualizada numa escala média<sup>2</sup>, o Instituto Geográfico do Exército (IGeoE) iniciou um projecto tendo em vista a utilização deste tipo de informação digital no contexto da actualização cartográfica, quer no âmbito vectorial quer no âmbito da cartografia imagem.

## **2. A actualização cartográfica**

### **2.1. Preparação da informação digital**

A cartografia clássica vectorial, embora extraordinariamente precisa, obviamente condicionada quer pelas especificações de voo da plataforma aérea face à necessidade de constituição da matriz por processos fotogramétricos tendo por base as categorias definidas de acordo com as especificações técnicas para a escala de produção considerada, apresenta-se como um processo moroso alocando um grande número de recursos materiais, humanos e financeiros, não dando cabal resposta à actualização cartográfica de representação vectorial pelo que de facto a utilização de informação digital com base nas plataformas espaciais de alta resolução constituem a complementaridade necessária e imprescindível no processo de planeamento e desenvolvimento que lhe está associado como elemento de base.

A selecção das fontes de informação, face às especificações da cartografia pretendida e as necessidades de actualização, levou à análise dos diferentes tipos de imagem e, de acordo com as características pretendidas e especificações técnicas para a escala 1/50 000, foram seleccionadas as imagens SPOT<sup>3</sup> (Bernard, 1991), reunindo as condições de precisão cartográfica pretendidas.

---

<sup>2</sup> Escala da ordem de 1/50 000.

<sup>3</sup> SPOT – Système Pour l’Observation de la Terre.

A adopção desta informação digital adquirida por sensores remotos espaciais permitiu ao IGeoE a sua integração na cadeia de produção cartográfica em três áreas fundamentais, mas apenas as duas primeiras serão objecto de desenvolvimento:

- A actualização cartográfica vectorial das pequenas e médias escalas;
- A actualização da cartografia vectorial usando a cartografia imagem, segundo enquadramento adequado do território nacional;
- Actualização do coberto vegetal de pequenas escalas.

Definidas as fontes de informação e seleccionadas as imagens pancromáticas e multiespectrais pelo enquadramento de cobertura pretendida, o processo de validação da informação digital, e após recepção e preparação da mesma para utilização subsequente, consiste primeiramente na definição da percentagem mínima de ocupação nebulosa bem como na aquisição de imagens com ângulos de inclinação não superiores a 7° (positivos ou negativos) garantindo a verticalidade das mesmas ao mesmo tempo que se melhora o processo da re-amostragem da informação por consequência de outro processo: orto-rectificação.

No processo de análise e validação da informação de base são ainda contempladas quer as correcções radiométricas elementares (Kostwinder, 1995) na reconstrução da matriz digital imagem, quer ainda o processo da eliminação dos erros não sistemáticos (Huurnemam, 1995) criados fundamentalmente pela especificidade da área correspondente à imagem, conseguido através de um processo de orto-rectificação diferencial.

Nesta fase podem eventualmente ser consideradas outras correcções nomeadamente a correcção radiométrica quanto à variação dos ângulos solares (Kostwinder, 1995a) no momento da aquisição da imagem pelos sensores, no entanto a definição de um intervalo de tempo apertado para a cobertura da área pretendida elimina substancialmente a necessidade desta correcção, sendo por isso raramente executada.

A correcção geométrica das imagens é efectuada tendo por base a informação digital vectorial adquirida por processos fotogramétricos com as especificações técnicas da cartografia 1/25 000, permitindo assim o estabelecimento dos factores polinomiais da transformação de uma forma mais precisa e que, depois da definição da cota dos pontos de controlo, permite, conjuntamente com o Modelo Digital de Terreno (MDT) com uma grelha de 8 metros, efectuar a orto-rectificação das imagens de forma eficaz, sendo normalmente adoptado como regra um desvio padrão da ordem dos 0.6 *pixels*.

Salienta-se ainda que, durante o processo de referenciação e para efeito da utilização dos factores de correlação na selecção dos pontos de controlo nos dois tipos de imagem, utiliza-se a banda do vermelho como consequência da sua resolução espectral e consequente localização no espectro electromagnético. Nesta fase da referenciação de imagens é tomado como valor de referência no cálculo dos factores de transformação polinomial, um valor de desvio padrão inferior a 0.5 *pixels* relativo à imagem de maior resolução.

Concorrentemente para o processo de actualização cartográfica, nas duas vertentes deste artigo, salienta-se uma operação decisiva na cadeia de processamento e produção que é a fusão de imagens (Bakx, 1995) de resolução espacial distinta, e

que por serem ambas imagens do mesmo tipo de sensor<sup>4</sup> torna este processo mais simples e mais eficaz em virtude de ambas as imagens serem adquiridas nas mesmas condições e com uma geometria de aquisição bastante similar.

Este processo antecede o da orto-rectificação permitindo, assim, melhorar os resultados em virtude de se terem imagens planas adquiridas nas mesmas condições circunstanciais de geometria e luminosidade, entre outros aspectos relevantes.

Neste percurso, as imagens são referenciadas, consistindo este processo em fazer coincidir a geometria da imagem de menor resolução à imagem de maior resolução<sup>5</sup>, sendo necessário um processo de re-amostragem da imagem de menor resolução por forma a que as duas imagens fiquem com a mesma dimensão. Em seguida é desenvolvido o processo de fusão de imagem através da transformação *HSI* (*Hue, Saturation and Intensity*), sendo normalmente efectuado o ajuste do histograma, e eventualmente, uma primeira abordagem à filtragem (Gorte, 1995) através de filtros do tipo passo-alto. Existem vários algoritmos para a transformação RGB-HSI, fazendo-se referência a apenas um (Chuvieco, 1996):

$$H = \arctan\left(\frac{2VDC_B - VDC_G - VDC_R}{\sqrt{3}(VDC_G - VDC_R)}\right) + C, \text{ em que} \quad \begin{array}{l} C = 0, \text{ se } VDC_G \geq VDC_R \\ C = \pi, \text{ se } VDC_G < VDC_R \end{array}$$

$$S = \frac{\sqrt{6}}{3} \sqrt{VDC_B^2 + VDC_G^2 + VDC_R^2 - VDC_B VDC_G - VDC_B VDC_R - VDC_R VDC_G}$$

$$I = \frac{VDC_R + VDC_G + VDC_B}{3}$$

Nota: VDC – Valor De Cinzento

Validada a informação, efectuada a fusão de imagens de resolução espacial diferente e realizada a reprojecção da imagem final pelo processo da orto-rectificação com recurso ao MDT, obtém-se assim uma imagem com características de uma carta, a partir da qual se pode iniciar o processo da actualização cartográfica.

## 2.2. A actualização cartográfica dos elementos vectoriais

Na sequência do processamento efectuado no ponto anterior a actualização cartográfica da cartografia de pequenas e médias escalas inicia o seu processo de aquisição de dados. Nestas condições temos assim uma imagem multispectral orto-rectificada com a resolução espacial da imagem de maior resolução e conjuntamente temos o *layer* vectorial da cartografia digital disponível desactualizada e que se encontra sobreposta à imagem uma vez que existe obrigatoriamente coerência no sistema cartográfico de representação escolhido.

Torna-se assim possível por análise e interpretação visual proceder à actualização dos elementos cartográficos em falta e explicitamente presentes na

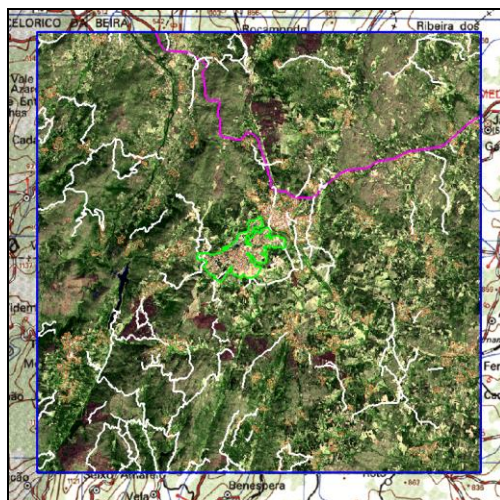
<sup>4</sup> Imagens Spot (sensores HRVIR).

<sup>5</sup> A imagem multispectral (XS/XI) é referenciada na imagem pancromática (Pan).

imagem. Este processo pressupõe a utilização de filtros “passo-alto” sobre a imagem por forma a permitir um melhor delineamento dos elementos lineares, bem como por vezes a utilização de operações lineares sobre as bandas (Lillesand and Kieffer, 2000) por forma a evidenciar alguns aspectos que, quer pela sua tonalidade quer pela sua quase inexistência de contraste com o meio envolvente, não se revelem de forma significativa na imagem.

O processo de aquisição de informação no contexto da actualização cartográfica, e tendo por base as escalas 1/50 000, 1/250 000 e 1/500 000, diz respeito à aquisição de elementos que constituem as novas vias rodoviárias e ferroviárias, a delimitação dos corpos de água que se constituem como albufeiras e barragens, a delimitação de zonas urbanas constituindo-se como mancha urbana (figura 1) e a aquisição do coberto vegetal denso, este último por processos de classificação digital que, como é óbvio, não segue a linha de tratamento desenvolvida até aqui e não constitui objectivo deste artigo.

**Fig. 1 – Processo de actualização com base na imagem**



O processo de aquisição de elementos processa-se por níveis de informação diferenciados e codificados, carecendo, em alguns casos, de reconhecimento por forma a caracterizá-los e catalogá-los correctamente em conformidade com as especificações da escala de representação vectorial e ainda face às necessidades de padronização no processo de representação cartográfica.

Salienta-se ainda o facto da precisão posicional dos elementos adquiridos satisfazerem em pleno as especificações cartográficas das séries <sup>6</sup> consideradas alvo do processo de actualização cartográfica, sendo a validação dos dados efectuada quer de uma forma descritiva, a partir dos elementos disponíveis em diversos

---

<sup>6</sup> Série cartográfica é a designação atribuída a determinada carta topográfica de acordo com as suas especificações, sendo esta designação única a nível internacional ( Ex: Série M888 – escala 1/25 000).

organismos<sup>7</sup>, quer através da validação de campo quando não existam outros elementos disponíveis ou por necessidade de esclarecimento de qualquer dúvida remanescente no processo de validação, nomeadamente a validação em termos descritivos. Apresenta-se a seguir as figuras 2 e 3 correspondendo respectivamente à cartografia antiga e à cartografia depois de atualizada ( à escala 1/250 000) através da imagem de satélite SPOT depois de convenientemente processada.

Fig. 2 – Carta topográfica antiga

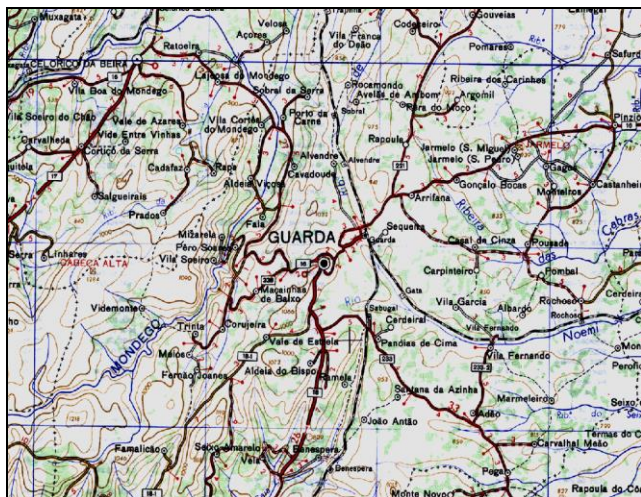
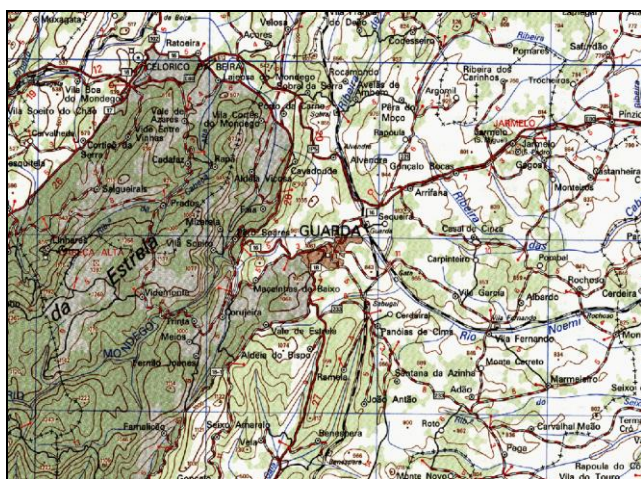


Fig. 3 Carta topográfica atualizada



<sup>7</sup> Nomeadamente o Plano Rodoviário Nacional – IEP (Instituto de Estradas de Portugal).



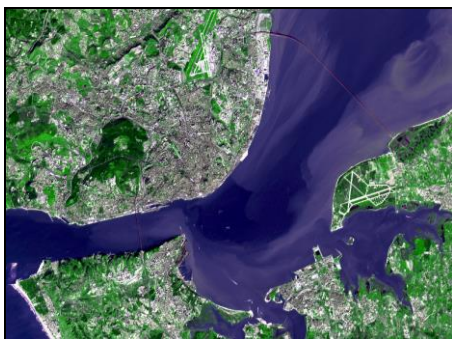
### 2.3. A cartografia imagem – uma metodologia

Estruturada a informação de base, validada e pré-processada, onde normalmente o processo de re-amostragem tem em atenção o *pixel* em conformidade com a escala de impressão, e na sequência da fusão e orto-rectificação da imagem, a cartografia imagem é sem dúvida uma das grandes aplicações da informação digital adquirida por sensores remotos espaciais, estando obviamente condicionada pela escala de representação gráfica e pela resolução espacial e radiométrica dos sensores considerados.

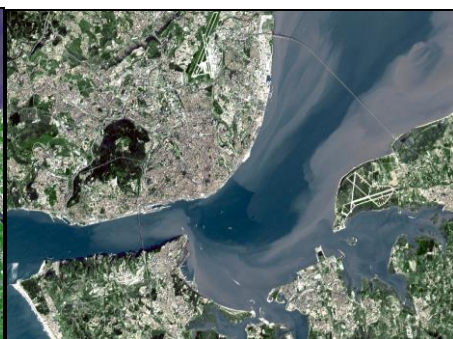
No contexto do projecto relativo à carta imagem e tendo como objectivo a representação à escala 1/50 000 de todo o território nacional de uma forma rápida, fiável e homogénea, para a matriz criada a partir da orto-rectificação no processo de re-amostragem é adoptado um *pixel* de 5 metros de dimensão, o que se prende fundamentalmente com a integração do processo de impressão na cadeia de produção cartográfica deste documento.

A par deste facto, como é sabido, a imagem SPOT não permite a composição de bandas em cor natural em virtude da inexistência da banda correspondente à faixa azul do espectro electromagnético na região do visível, pelo que a adopção de uma cobertura nacional em cor natural implicou a criação de uma banda sintética (Carper, 1996) cuja combinação com as bandas originais simula a composição de cor natural que dá origem à carta imagem, e como é mostrado nas figuras 4 e 5 seguintes.

**Fig. 4 – Carta imagem de Lisboa em falsa cor simulada**



**Fig.5 – Carta imagem de Lisboa em cor natural**



A simplicidade das tarefas enunciadas ao longo deste artigo são evidenciadas e bem patentes num par de imagens de um mesmo local. Contudo, o enquadramento cartográfico dificilmente permite utilizar em toda a sua dimensão uma única imagem na elaboração de uma carta imagem, implicando a necessidade de efectuar mosaico de imagens. Contudo, não obstante os requisitos exigidos na cobertura de uma determinada área, por várias razões, acontecem diferenças significativas, exigindo processos de compensação para efectuar o mosaico sendo tanto mais importante quanto maior for o número de imagens correspondentes à cobertura da área que se pretende cartografar.

Neste âmbito, tem vindo a ser utilizado um processo de compensação das

imagens assente nas equações 1 e 2 apresentadas a seguir com base no contraste e luminosidade das bandas individualizadas intervenientes no processo de mosaico

$$y_1 = x_1\sigma_1 + \mu_1 \text{ (Eq. 1)}$$

$$y_2 = x_2\sigma_2 + \mu_2 \text{ (Eq. 2)}$$

em que

$y_1, y_2$  – a imagem de saída 1 e 2 (i.e. os valores de cinzento que temos nos ficheiros)

$x_1, x_2$  – a imagem de entrada original de 1 e 2

de onde se obtêm as equações gerais (António e Neto, 2000) de uma sobreposição  $A$  de uma imagem  $i$  com uma imagem  $j$  (com uma só banda):

$$m_i \times \sigma_{iA} - m_j \sigma_{jA} = 0 \quad \text{(Eq. 3)}$$

$$b_i - \mu_{iA} \times m_i - b_j + \mu_{jA} \times m_j = 0$$

Recorrendo ao método dos mínimos quadrados, nomeadamente a um ajustamento do tipo combinado (em que as equações de relação são do tipo  $f(x, l, c) = 0$  onde  $x$  são as incógnitas,  $l$  as observações e  $c$  as constantes), onde são englobadas todas as imagens a compensar, obtêm-se as incógnitas  $m_i$  e  $b_i$ .

Determinados os factores e ajustados o contraste e luminosidade de todas as imagens da área, segue-se o processo de mosaico criando uma cobertura de uma única imagem convenientemente ajustada e contínua quer em termos de contraste quer em termos de luminosidade.

O passo seguinte consiste em sectionar a área por cada carta imagem, respeitando o enquadramento cartográfico adoptado, onde são processadas individualmente e cujo objectivo é um melhoramento de imagem tendo em vista a melhor discriminação dos elementos presentes. A este melhoramento de imagem individualizado por carta imagem corresponde, posteriormente, uma compensação global das cartas imagens trabalhadas segundo esta metodologia.

Este processo de manipulação de imagem tira partido das potencialidades do sistema de impressão e gestão de cor (Balsinhas, 1998), permitindo passar para um sistema de impressão em quadricromia e que convenientemente calibrado, desde os *ecrans* aos *plotters*, torna o processo mais rápido e fiel, particularmente na impressão de documentos de tons contínuos como é o caso da imagem de satélite.

Por fim, resta enquadrar a imagem como elemento processado, salientando a construção da moldura com todo o tipo de informação marginal quer em termos de representação e enquadramento cartográfico quer em termos de interpretação visual e ajuda ao utilizador, à qual é adicionada a toponímia necessária e o anáglifo da região, em conformidade com as especificações técnicas da cartografia imagem (IGeoE, 2000), como está patente nas figuras 6 e 7.

Fig. 6 – Carta imagem de Vila do Bispo

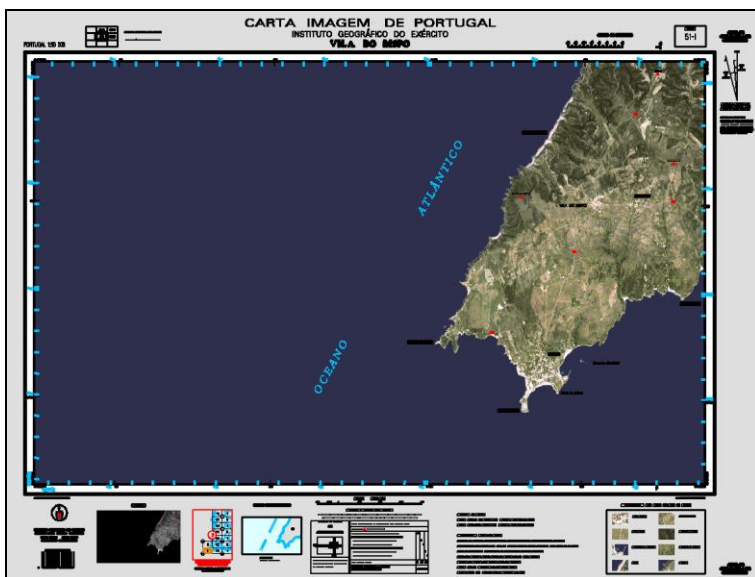
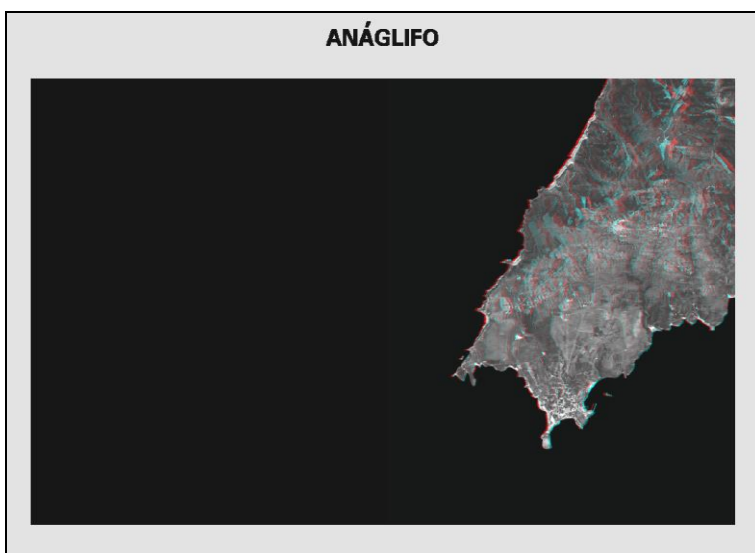


Fig. 7 – Anáglifo correspondente à carta imagem



É ainda adicionado ao documento cartográfico um pequeno anáglifo resultante da introdução de paralaxe horizontal na banda verde<sup>8</sup> sendo esta a que garante uma melhor discriminação dos elementos presentes na imagem, e com base no MDT que

<sup>8</sup> De acordo com a combinação de cor final adoptada ( Cor Natural Sintética).

é normalmente sobrelevado, dependendo contudo do relevo presente na área. Neste processo é analisado com acuidade quer o plano de referência quer a relação base-altura no modelo por forma a garantir as melhores condições de percepção estereoscópica (Intergraph, 1994). A necessidade deste anáglifo prende-se com a falta de percepção do relevo presente na área representada, dado que não existe qualquer referência altimétrica na carta imagem.

O processo de impressão do documento digital assim produzido<sup>9</sup> segue o processo de separação em quadricromia para impressão final, sendo efectuadas impressões de controlo e validação.

### 3. Síntese Conclusiva

Nas últimas décadas tem-se assistido ao emergir e consolidação das tecnologias de informação, ao extraordinário desenvolvimento das plataformas espaciais e sensores, ao mesmo tempo que se assiste a uma dinâmica na ocupação do solo deveras notável e nem sempre passível de representação cartográfica em tempo oportuno, nomeadamente por processos clássicos vectoriais.

A necessidade óbvia e urgente de dispor de elementos cartográficos actualizados, decisivos em uma grande diversidade de áreas com impacto directo na economia e desenvolvimento nacional e internacional, levou à pesquisa de outros meios de informação, a imagem de satélite, cuja evolução e melhoramentos significativos tem vindo a permitir a sua utilização de uma forma cada vez mais abrangente e diversificada.

A actualização cartográfica, nas vertentes referidas neste artigo são por si demonstrativas das potencialidades da imagem de satélite que, numa perspectiva de utilização complementar à cartografia vectorial existente, ou ainda numa perspectiva de combinação com outra informação oriunda de outros sensores, ou por si só, constitui referência homologada.

Assim, condicionada pela escala de representação *versus* resolução espacial, a actualização da cartografia de pequena e média escala é hoje uma realidade, assenta em rigorosos procedimentos de pré-processamento e processamento de imagem, convenientemente validados e verificados, em cada fase da cadeia de produção cartográfica.

No âmbito da cartografia imagem, ela constitui só por si um extraordinário meio de actualização cartográfica quer pelo estabelecimento de procedimentos rígidos de produção quer pela riqueza de informação que encerra em si própria. A produção de cartografia imagem assenta, à semelhança do referido anteriormente para a actualização da cartografia vectorial, em rigorosos procedimentos de processamento a que se adiciona a necessidade de execução de mosaicos e o correcto ajuste das diversas imagens em termos de contraste e luminosidade. O processo estudado para o ajuste do mosaico, testado já em duas faixas do território nacional com áreas da ordem de 25 000 Km<sup>2</sup> cada uma, produziu resultados extraordinariamente bons emergindo daqui um ganho substancial em tempo de processamento e em qualidade do trabalho executado.

---

<sup>9</sup> Imagens + Informação vectorial.

Salienta-se ainda o processo de fusão de imagens (operação que antecede qualquer dos procedimentos referidos acima); é um processo desenvolvido com bastante cuidado envolvendo operações de ajustamento no sentido de garantir a similaridade espectral entre as imagens multiespectrais<sup>10</sup>.

O processo de orto-rectificação constituiu sem dúvida um dos elos decisivos nesta cadeia de produção, a qual subseqüentemente à fusão de imagem e com recurso ao MDT permitiu, não só a reprojeção de cada elemento de área da imagem segundo a projecção ortogonal, como deu o valor cartográfico à imagem por forma a referenciá-la de forma exacta na imensidão do espaço de acordo com as especificações cartográficas da representação.

Importa referir ainda a necessidade de adicionar elementos vectoriais à cartografia imagem para facilitar a interpretação do documento cartográfico então gerado<sup>11</sup>, bem como a inclusão de um anáglifo de pequenas dimensões com o MDT sobrelevado e com o mesmo enquadramento cartográfico permitindo ao utilizador avaliar de forma sumária o relevo presente na zona correspondente à carta imagem.

Importa, por fim, referir que o grande melhoramento da resolução espacial introduzida com os novos sensores, bem como a total disponibilidade desta informação, permite antever o alargamento da utilização da imagem de satélite e o aumento significativo da escala da cartografia de trabalho, substituindo até determinada escala a utilização da fotografia aérea. As possibilidades são óbvias; contudo, as imagens de alta resolução apresentam ainda custos proibitivos de investimento, nomeadamente para as economias menos desenvolvidas, com uma relação custo/benefício muito aquém da cartografia imagem clássica<sup>12</sup>.

## Bibliografia

- Alves, D. *et al* (1988), *Topografia*, Vol I, Academia Militar, 23E Cadeira, Lisboa.
- António, V.; Neto, A. (2000), “Compensação de contraste e brilho de imagens para mosaico”, *Boletim do Instituto Geográfico do Exército*, Nº 62, pp. 9-11
- Bakx, J.P.G. (1995), “Colour Coding and Image Enhancement”, *ITC- Lecture Notes*, Januari 1995, Holland.
- Baldina, E. *et al* (1995), “Aerospace and Cartographic Maintenance”, *ITC Journal* 1995-3, Holland, pp. 193-196.
- Balsinhas, J.M. (1998), “Separação de cor pela técnica da quadricromia”, *Boletim do Instituto Geográfico do Exército*, Nº 60, pp.68-76
- Baudin, A. (1995), “The Spot Programm: Today and Beyond 2000”, *Proceedings of Photogrammetric week '45*, University of Stutgard, Stutgard, Germany, pp. 63-74.
- Bernard, C. (1991), “SPOT: A Key Rule in the Golf War”, *Defense & Technologies International*, December 1991, pp. 25-28.
- Carper, P. (1996) *Complex Arithmetic for Natural Color Composite*, Texto não publicado, Intergraph, Huntsville, USA.

---

<sup>10</sup> Imagem inicial e a resultante do processo de fusão de imagem.

<sup>11</sup> Sem contudo ocultar ou dificultar a interpretação da informação presente na imagem.

<sup>12</sup> Nomeadamente a ortofotocartografia.

- Cheng, P. , Toutin, T. (2001), “Demystification of IKONOS”, *PCI Geomatics Notes*, Ontario, Canada.
- Chuvieco, E. (1996), *Fundamentos de Teledetección espacial*, 3ª edición revisada, RIALP, Madrid
- CNES (1991), *SPOT User’s handbook Reference Manual*, Vol. 1, Toulouse, France
- Dexter, J.A.D., Fairbain, D. (1988), “Defining a Topographic Mapping and Map Revision System”, *ITC Jornal* 1998-2, Holland, pp. 106-112.
- Durand, D. (1996), *Booklet A1 – Spacemaps, Image Mapping Methods, Examples of Implementation*, GDTA Tutorials, Toulouse, France.
- Fraser, C. (1999), “Status of High-Resolution Sattelite Imaging”, *Proceedings of Photogrammetric week’47*, University of Stutgard, Stutgard, Germany, pp. 117-123.
- Fritz, L.W. (1995), “Recent Developments for Optical Earth Observation in the United States”, *Proceedings of Photogrammetric week’45*, University of Stutgard, Stutgard, Germany, pp. 75-83.
- Gorte, B. (1995), “Introduction to Operators and Filters”, *ITC-Digital Image Processing and Pattern Recognition*, April 1995, Holland.
- Huurneman, G. (1995), “Introduction to Geometric Corrections”, *ITC-Digital Image Processing and Pattern Recognition*, April 1995, Holland.
- IGEOE, (2000), *Especificações Técnicas Para a Produção de Cartografia Imagem à Escala 1/50 000*, IGeoE, Lisboa.
- Intergraph, (1994), *MGE / Image Station Image Rectifier – User’s Guide*, Intergraph Corporation, Huntsville, USA
- Kostwinder, H. (1995), “Introduction to Image Enhancement”, *ITC-Digital Image Processing and Pattern Recognition*, April 1995, Holland.
- Kostwinder, H. (1995), *Introduction to Radiometric Corrections*, ITC-Digital Image Processing and Pattern Recognition, April 1995, Holland.
- Lillesand, T.M.; Kieffer, R.W. (2000), *Remote Sensing and Image Interpretation*, 4<sup>th</sup> Edition, Wiley, New York
- Redweik, G. (1999), *Apontamentos de Teledeteção*, Texto não publicado, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa
- Sester, M.(s/d), “Fundamentals of Digital Image Processing”, *Digital Photogrammetry in Small Scale Imagery*, IFQ Presentations.
- Srivastava, P.K., et al (1996), “Cartography and Terrain Mapping Using IRS-1C Data”, *Current Science*, Vol 70, n°7, Bangalore, India, pp.565-567.