

# Boletim

Instituto  
**geográfico**  
do Exército



N.º 63 Novembro 2001

---



**Propriedade**

Instituto Geográfico do Exército  
Av. Dr. Alfredo Bensaúde  
1849-014 LISBOA

Tel. – 21 850 53 00  
Fax – 21 853 21 19  
E-mail – igeoe@igeoe.pt  
Homepage – www.igeoe.pt

**Director**

Manuel Pereira  
Coronel de Engenharia

**Articelistas**

José Ramos Rossa  
Tenente-Coronel de Artilharia, Engº Geógrafo

José da Silva Rodrigues  
Tenente-Coronel de Artilharia, Engº Geógrafo

António Cavaca  
Major de Artilharia, Engº Geógrafo

José Sena Balsinhas  
Major de Artilharia

Vasco da Silva António  
Capitão de Artilharia, Engº Geógrafo

José Lopes  
Capitão de Infantaria, Engº Geógrafo

Dr<sup>a</sup> Maria Helena Dias  
Professora Associada da Universidade de Lisboa  
Investigadora do Centro de Estudos Geográficos

Dr. Mário Rui Mateus  
Geógrafo

**Grafismo e Paginação**

Paulo Caeiro  
Tenente RC de Artilharia

**Fotolito, Montagem e Impressão**

LT Designers

**Tiragem**

1 000 Exemplares

## Índice

<b>Editorial</b>	3
<b>Ligação do GPS ao MicroStation</b>	4
<b>A imagem de satélite na actualização cartográfica: duas aplicações</b>	12
<b>Transformação de coordenadas entre sistemas geodésicos</b>	21
<b>No caminho do desenvolvimento sustentável</b>	28
<b>A inserção do sistema inercial no processo fotogramétrico do IGeoE</b>	30
<b>Recordando um engenheiro português ao serviço da Cartografia Militar</b>	37
<b>Utilização do MapPublisher na produção de produtos cartográficos</b>	52

# Editorial

**A** Cartografia Militar Portuguesa contemporânea remonta a 1778, ano em que se iniciaram os trabalhos da triangulação geodésica fundamental do Reino.

D. Maria I, em 1802, concentrou numa única instituição, o Real Arquivo Militar, os serviços que se dedicavam à cartografia nacional e se encontravam dispersos. Este organismo pode ser considerado o precursor remoto do actual Instituto Geográfico do Exército.

Com a finalidade, bem patente no seu preâmbulo, de pôr cobro à desorganização que se instalou nos serviços de cartografia militar, foram criados, em 24 de Novembro de 1932, pelo Decreto n.º 21.904, os Serviços Cartográficos do Exército, que passaram a ser os herdeiros naturais das tradições cartográficas militares portuguesas. Em 01 de Julho de 1993, os Serviços Cartográficos do Exército deram lugar ao actual Instituto Geográfico do Exército.

Desde sempre, mas principalmente a partir de 1932, altura em que foram integrados numa estrutura sólida, eficiente e capaz, os serviços cartográficos militares puseram todo o seu saber, engenho e arte na realização dos trabalhos cartográficos.

Gradualmente, mas de forma consistente, determinada e bem planeada, e conhecedor da grande importância que uma informação geográfica fiável e credível podia ter para o desenvolvimento da sociedade, o Instituto Geográfico do Exército foi-se afirmando como instituição de referência no universo da cartografia, conquistando elevado prestígio, tanto a nível nacional como internacional, e o respeito, a consideração e a admiração de todos quantos conhecem o seu trabalho.

Esta postura de total disponibilidade e empenho, aliada a uma contínua procura de novos conhecimentos e de modernas tecnologias, levou ao aparecimento de produtos cartográficos diversificados e de elevada qualidade, rigor, e precisão. A sociedade em que estamos inseridos, e na qual temos de desenvolver a nossa actividade, vive, hoje em dia, em constante e cerrada competição, e só atingem verdadeiramente os seus objectivos e se afirmam aqueles Homens, aquelas Instituições ou aqueles Países que forem mais fortes e determinados, e tiverem mais iniciativa, mais criatividade, mais capacidade e mais audácia.

Mas para nos afirmarmos entre os nossos pares, é necessário querer, ter vontade de vencer, dar o nosso melhor, fazer aquilo de que somos capazes, bem feito e com a mesma qualidade e rigores que melhor o fazem. Só assim somos ouvidos e conquistamos o respeito e a consideração dos que conosco prosseguem idênticos fins.

Quem nada dá ou nada faz, é sempre olhado de soslaio e com desconfiança, e corre o risco de pouco ou nada receber. No esforço comum que a sociedade está a fazer pelo progresso e bem estar dos seus cidadãos, é preciso participar sempre com algo, nem que seja pouco, mas que esteja ao alcance das nossas reais capacidades e tenha reconhecidamente qualidade.

A investigação científica e o desenvolvimento tecnológico estão indissociavelmente ligados a esse esforço comum. É obrigação de todos os responsáveis, ao seu nível e no âmbito das suas atribuições, promovê-los, desenvolvê-los e apoiá-los, pois só com o trabalho e o empenho de todos é possível fazer com que passem a fazer parte do dia a dia das instituições que a eles se devem dedicar de corpo e alma.

O Instituto Geográfico do Exército tem como principal preocupação adequar o saber e a tecnologia a tudo aquilo que faz, criando e desenvolvendo uma cultura científica muito própria, por forma a que a informação geográfica resultante tenha elevada qualidade, precisão e rigor e, nesses parâmetros, os seus produtos sejam tão bons como os melhores.

Estamos a preparar o futuro, procurando aprender com os mestres e a fazer como os melhores, por forma a garantir que a cartografia militar continue a ser uma referência nacional e a ter os requisitos técnicos e científicos necessários para satisfazer as necessidades, cada vez mais exigentes, das Forças Armadas e do País.

Só assim seremos dignos e merecedores do rico património que os nossos antepassados arduamente construíram e confiadamente nos legaram. Hoje como ontem... na senda do Progresso.



Manuel Pereira  
Cor Eng<sup>ª</sup>



José Manuel dos Ramos Rossa, TCor.Art®

*Este trabalho tem por objectivo ligar o equipamento de GPS ao sistema de gestão de base de dados ACCESS.*

*A partir deste sistema de gestão de base de dados, que tem duas funcionalidades: partilha de memória e gravação do histórico duma sessão de trabalho, podem ser desenvolvidas outras ligações a software de desenho.*

*A implementação é constituída por duas aplicações base, uma desenvolvida de Visual Basic 6.0, para ligação do equipamento GPS através da porta paralela (COM) ao sistema de gestão de base de dados e outra em MicroStation Development Language (MDL), para ligação deste ao MicroStation. Também é demonstrado como este trabalho se integra numa cadeia de produção em que já existem outras aplicações desenvolvidas.*

## Introdução

**E**m virtude da evolução da metodologia de produção, uma das componentes principais é o controlo da qualidade da mesma, quer no que diz respeito à sua completude, quer no que diz respeito à sua exactidão, entre outros aspectos. Com vista a determinar e medir estes parâmetros, duma forma automática, é preciso

ter um equipamento que permita indicar a posição do operador no terreno sobre um mapa. Desta forma, o operador poderá observar o desvio entre estas duas informações e determinar o erro de posicionamento.

Com este objectivo estão em fase de aquisição dois Laptop e dois equipamentos GPS Trimble 5700. Por outro, lado está em fase de testes o equipamento de transmissão de dados através da rede rádio da brigada topográfica. Após esta fase é possível também fazer a gestão da brigada em tempo real, porque a partir do Instituto permite a todo instante saber onde se encontra cada equipa.

## Ligação GPS – Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD)

O GPS processa a informação recebida dos satélites e produz vários tipos de mensagens, que podem ser lidas através da porta paralela (COM) num computador. Neste trabalho por simplicidade foi usada a GLL no entanto futuramente vai passar a usar-se a GGA.

A aplicação foi desenvolvida em Visual Basic 6.0 porque existe um objecto que permite fazer esta ligação.

A fase seguinte é a leitura da porta em in-

```
' usar a porta COM2
GPSform.MSComm1.CommPort = 2

' colocar os parâmetros de comunicação
' 4800 baud, no parity, 8 data, e 1 stop bit
GPSform.MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"

' Para o ler todo o buffer quando é usada a função
' de Input
GPSform.MSComm1.InputLen = 0
```

intervalos de tempo regulares, por exemplo de 5 em 5 segundos. Isto consegue-se com um temporizador que é configurado com o intervalo de tempo pretendido.

```
' abrir a janela de dialogo e activar o
' temporizador
GPSform.Timer1.Enabled = True

' colocar o tempo de 5 sec.
GPSform.Timer1.Interval = 5000
```

Para ler os dados da porta de 5 em 5 segundos é executado o seguinte código, através da chamada dum procedimento.

```
GPSform.MSComm1.PortOpen = True

glstring = ""

Do
  DoEvents
  buffer$ = buffer$ & GPSform.MSComm1.Input

  'Gerar posições aleatórias para teste
  GerarPosicoes
  buffer$ = AndBuff
  GPSform.Text = buffer$
Loop Until InStr(buffer$, "$GPGBGA") > 0
```

Como não é possível ter o GPS na sala de desenvolvimento foi feito um procedimento *GerarPosicoes* que simula as mensagens vindas do GPS.

No lado do Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) foram criadas duas tabelas com os mesmos atributos

PontosGPS : Tabela	
Nome do campo	Tipo de dados
IdPonto	Numeração auto
CoordX	Número
CoordY	Número
CoordZ	Número
CodFeat	Texto
TipoFeat	Texto
CodElem	Texto
TimeStamp	Texto
Lido	Sim/Não
Obs	Texto

PosicaoGPS : Tabela	
Nome do campo	Tipo de dados
IdPonto	Numeração auto
CoordX	Número
CoordY	Número
CoordZ	Número
CodFeat	Texto
TipoFeat	Texto
CodElem	Texto
TimeStamp	Texto
Lido	Sim/Não
Obs	Texto

Estas tabelas têm as seguintes finalidades: *PontosGPS* tem por finalidade registar uma sessão de trabalho, enquanto *PosicaoGPS* tem por finalidade a comunicação em tempo real com o software de desenho. A ligação da aplicação à base de dados é feita através da selecção do ficheiro access pretendido. A base de dados tem de ter as seguintes tabelas.

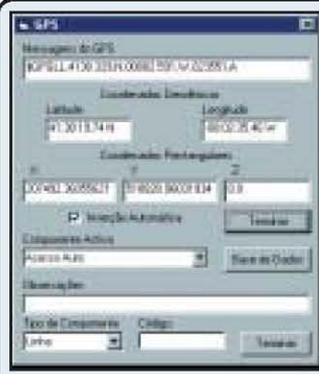
A tabela *Pormenor* é fundamental porque é ela que permite indicar à aplicação qual o tipo de pormenor que está a ser adquirido. Para teste, existe o ficheiro *bdgps.mdb* que já está configurado de forma a permitir o funcionamento da aplicação.

Assim, de cada vez que o procedimento é chamado, por acção do temporizador, é lida a informação do GPS e a colocada pelo operador na interface. É feita a transformação de coordenadas e escrita essa informação nas

	Celulas
	msforms
	PontosGPS
	Pormenor
	PosicaoGPS
	Tipo_Grafico

duas tabelas. Na tabela *PosicaoGPS* o atributo *Lido* é colocado a falso, desta forma é simulado um semáforo, dizendo que a informação nesta tabela é recente.

A interface tem o seguinte aspecto



**Mensagem GPS** – serve para ir mostrando as mensagens que vão sendo recebidas do GPS

**Coordenadas Geodésicas** – são as coordenadas obtidas após o processamento da mensagem (desenvolvido na aplicação).

**Coordenadas Rectangulares** – são as coordenadas obtidas após a transformação das coordenadas geodésicas devido à projecção de Gauss. (desenvolvido na aplicação).

**Inserção de Dados** – existem dois modos: ponto a ponto e automático. Neste último é preciso premir o botão para iniciar a inserção automática e para terminar.

**Componente Activa** – após seleccionar a base de dados são apresentadas os diversos componentes que podem ser seleccionados.

**Tipo de Componente** – automaticamente e de acordo com a componente activa é seleccionado: ponto, linha, área ou multi.

**Código** – serve para codificar várias componentes dos mesmo tipo. Por exemplo, uma estrada pode ser EN34 outra EM567, no campo CodFeat da tabela PontosGPS por cada ponto da primeira estrada será registado LEN34, a aplicação coloca um prefixo correspondente ao tipo de componente.

**Observações** – serve para colocar atributos de forma livre, em que cada valor é precedido duma palavra chave. Para um exemplo que vai ser mostrado a seguir poderia ser RTK=\_\_\_\_; para uma ponte LRG=20; PLR=4;ALT=30;.

**Terminar** – serve para terminar a aplicação

devem ser desenvolvido um interpretador para interpretar o campo *Observações*. No final, este último deve colocar os dados nas tabelas que pretendemos. Existem no mercado aplicações que definindo uma gramática permitem criar de forma automáticas interpretadores para essa gramática.

## Aplicação baseada no registo da sessão

Quando do aparecimento do GPS em tempo real – RTK, as estradas que não estavam ainda iniciadas na data em que foi efectuado o voo para restituição, mas que já estavam em trabalhos aquando da impressão da folha passaram a ser levantadas por este processo.

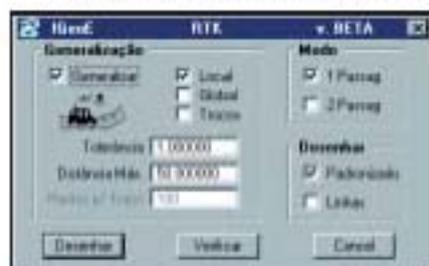
Para tal foi desenvolvido um software em MDL designado por RTK. Este software não faz mais que a interpretação do campo observações RTK=\_\_\_\_;. As palavras chaves reconhecidas por elas são as seguintes:

```

char *Componente[MaxComp] = {
  "ATR", /* Aterro */
  "DTR", /* Desaterro */
  "MPS", /* Muro de Pedra Solta */
  "CRZ", /* Cruz */
  "PCO", /* Poço */
  "KMT", /* Marco Quilométrico */
  "VET", /* Estrada Estreita (< 5.5m) */
  "VLG", /* Estrada Larga (> 5.5m) */
  "GAS", /* Posto de Abastecimento de Combustivel */
  "CAA", /* Caminho de Acesso Automóvel */
  "CCR", /* Caminho Carreteiro */
  "CCP", /* Caminho de Pé Posto */
  "PLG", /* Ponte Larga */
  "PET", /* Ponte Estreita */
  "VSP", /* Viaduto Superior */
  "LAT", /* Linha de Alta Tensão */
  "VGP", /* Vértice Geodésico de 1ª Ordem */
  "VGO", /* Vértice Geodésico de Outra Ordem */
  "AIS", /* Antena Isolada */
  "PTR", /* Posto de Transformação */
  "SEB", /* Sebe ou Valado */
  "CEL", /* Central Eléctrica */
  "FTE", /* Fonte */
  "NAS", /* Nascente */
  "AQU", /* Aqueduto */
  "EEL", /* Estação Elevatória */
  "DAE", /* Depósito de Água Elevado */
  "MSP", /* Muro de Suporte */
  "MAL", /* Muro de Alvenaria */
  "DAG", /* Depósito de Água */
};
    
```

De salientar nesta fase o facto de não haver comprometimento a qualquer tipo de recolha de dados alfanumérica. Com o campo *Observações* poderá ser escrito tudo aquilo que quisermos, apenas terão de ser feitas normas para definir as palavras chave e para as quais

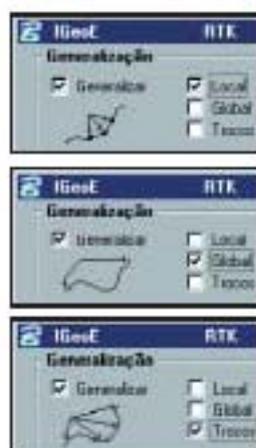
Para utilizar este software é necessário o *MicroStation*. A aplicação é carregada com o comando *mdl load rtk* e tem a seguinte interface.



A descrição da aplicação não faz parte do âmbito deste trabalho, apenas tem por objectivo mostrar

como a aplicação anterior poderá também produzir dados para a aplicação RTK, anteriormente desenvolvida.

Uma característica interessante desta aplicação, é a substituição do ficheiro de ajuda pela explicação de cada opção através da alteração do icon. Assim, no caso de fazermos generalização de linhas vamos ter três ícons diferentes, conforme é seleccionado: local, global ou troços. O mesmo acontece para a forma de desenho: padronizado e linhas. A figura seguinte mostra os três ícons ilustrando o tipo de generalização seleccionado.



No CD fornecido existe uma directoria RTK com o ficheiro de Castelo de Paiva que permite com a tabela a seguir.

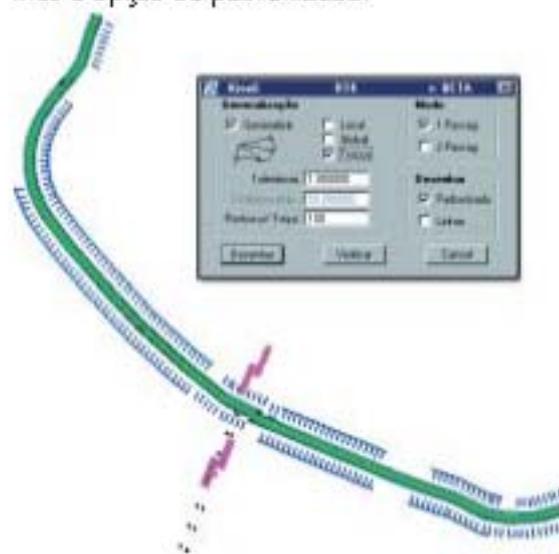
A maior parte dos pormenores tem início (0) e fim (1), outros, como é o caso da linha de alta tensão, são dados por um ponto e aí é colocado o seu símbolo perpendicular à estrada. A aplicação e os elementos fornecidos para

teste apenas permite executar esta aplicação no modo *Linhas*, porque não é fornecido a biblioteca de células de padronização. De salientar que este tipo de estrutura permite o 'nesting' de elementos. Pode começar uma ponte, a seguir começa e termina um aterro e por fim termina a ponte, ou começa a ponte a seguir começa o aterro, depois termina a ponte



e por último termina o aterro.

O desenho da informação anterior, fica com aspecto da figura a baixo, no caso de escolhermos a opção de padronizado.



## Aplicação baseada na partilha de memória para visualização da posição

Na continuação do trabalho proposto foi necessário desenvolver uma aplicação que lesse a informação do SGBD e fizesse a sua visualização num software de desenho, ou seja, que em função das coordenadas desenhasse essa mesma informação. De entre os muitos softwares possíveis foi escolhido o *MicroStation* porque este projecto tinha por objectivo a ligação do GPS ao *MicroStation*.

Foi desenvolvida a aplicação GPS em MDL, que da mesma forma que a aplicação desenvolvida em *Visual Basic* tem um temporizador que dependendo do objectivo pode ter intervalos de tempo diferentes para executar um determinado procedimento.

No MDL a colocação do temporizador é feita da seguinte forma:

```
int ColocaTemporizadorDesenha(int Segundos)
{
    Segundos *= IntervaloTempo;

    return (mdlSystem->setTimerFunction(&TemporizadorDesenha, Segundos,
    TerBaseDados, TemporizadorDesenha, True)
    == SUCCESS);
}

int ColocaTemporizadorLocaliza(int Segundos)
{
    Segundos *= IntervaloTempo;

    return (mdlSystem->setTimerFunction(&TemporizadorLocaliza, Segundos,
    TerBaseDados, TemporizadorLocaliza, True)
    == SUCCESS);
}
```

A função *TerBaseDados* de acordo com a finalidade: localizar ou desenhar, assim faz a leitura da base de dados e colocar uma marca a localizar a posição, ou activa e começa a desenhar a componente escolhida. Neste último caso a componente é activada recorrendo

ao seu código e a uma aplicação também já desenvolvida anteriormente designada por *Editor Cartográfico (EdiCart)*.

```
void TerBaseDados(long Opcao)
{
    switch (Opcao)
    {
        case TemporizadorDesenha:
            ProcessaPosicaoGPS("posicaoogps");

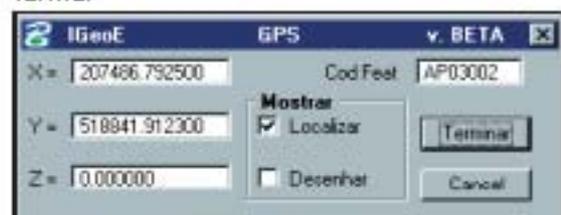
            break;
        case TemporizadorLocaliza:
            LocalizaPosicaoGPS("posicaoogps");

            break;

        default:
            break;
    }
}
```

A ligação à base de dados neste caso não é feita pela selecção do ficheiro *access* directamente pela aplicação, mas sim através duma ligação *ODBC*, que tem de ter obrigatoriamente o nome GPS. Isto é feito através do *Painel de Controlo - Origem dos dados (ODBC)*. Em seguida selecciona-se a opção *Adicionar - Controlador para Microsoft Access - Terminar*. No nome da origem dos dados escreve-se GPS, depois na base de dados em baixo seleccionar o ficheiro *access* que também foi seleccionado pela aplicação desenvolvida em *Visual Basic*. No caso do ficheiro *access* não estar na mesma máquina é preciso fazer a montagem duma *drive* com a directoria da rede.

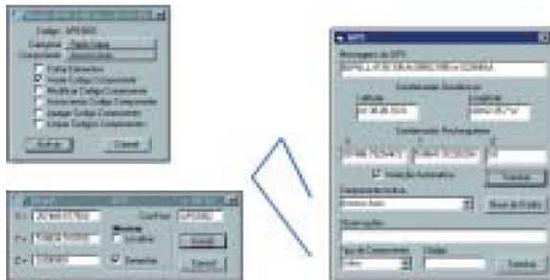
A interface desta aplicação tem a seguinte forma:



Os valores apresentados são os lidos da base de dados, o facto de Z ser zero resulta da men-

sagem GPS ser a GLL, daí ter de ser alterado futuramente. O controlo da interface é feito com a selecção da opção *Localizar* ou *Desenhar* que são exclusivas. Após a selecção anterior é preciso accionar o botão *Iniciar / Terminar* para dar início ou terminar a acção seleccionada.

O desenho duma linha tem o seguinte aspecto:



Na imagem acima está o editor cartográfico que através da indicação *AP03002* tem toda a informação para saber que é uma linha e as características desta linha. O editor cartográfico é accionado por meio duma tabela de comandos. Desta forma a única acção que a aplicação GPS tem de executar é:

lige activ AP03002  
xy=CoordX,CoordY

Estas duas mensagens são interpretadas de forma diferente. A primeira faz parte da tabela de comandos do editor cartográfico e portanto vai desencadear uma acção deste que corresponde à activação das características da componente *AP03002*. A segunda é interpretada pelo sistema de desenho e coloca o primeiro ponto da linha na coordenada (*CoordX*, *CoordY*).

Também um bocado fora do âmbito do trabalho, como curiosidade, esta aplicação é semi programável, por exemplo, no ficheiro *25milfot.txt* que deve ser carregado para ser verificado este aspecto. Cada linha tem a seguinte informação:

Por exemplo, nesta linha está indicada que após colocar

#	Componente	Categoria	Codigo	CodSeg	CMD	GG	LV	ST	WT	CO	TY	AC
	Casa_Modulo	Celulas_Const	CAL01505	AL01506	60	0	16	0	0	11	2	C186

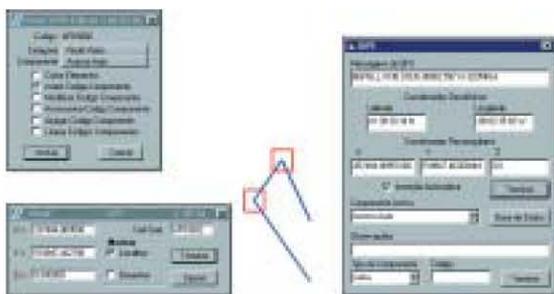
o elemento *AL01505* deve ser colocado o elemento *AL011506*.

Durante uma sessão de trabalho a tabela *PontosGPS* vai guardando toda a informação da sessão que poderá ser utilizada ou não posteriormente. Anteriormente, já foi referido como a partir desta tabela e fazendo uma reorganização destes dados podemos utilizar a aplicação *RTK*.

Seq	CoordX	CoordY	CoordZ	Qualidade	Aplicação	Coordenada	Tempo
1	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
2	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
3	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
4	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
5	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
6	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
7	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
8	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
9	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
10	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
11	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
12	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
13	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
14	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
15	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
16	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
17	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
18	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
19	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
20	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
21	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
22	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
23	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
24	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
25	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
26	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
27	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
28	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
29	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
30	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
31	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
32	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
33	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
34	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
35	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
36	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
37	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
38	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
39	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
40	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
41	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
42	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
43	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
44	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
45	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
46	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
47	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
48	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
49	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
50	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
51	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
52	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
53	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
54	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
55	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
56	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
57	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
58	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
59	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
60	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
61	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
62	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
63	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
64	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
65	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
66	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
67	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
68	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
69	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
70	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
71	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
72	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
73	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
74	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
75	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
76	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
77	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
78	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
79	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
80	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
81	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
82	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
83	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
84	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
85	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
86	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
87	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
88	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
89	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
90	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
91	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
92	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
93	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
94	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
95	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
96	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
97	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
98	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
99	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114
100	71.881 3.022	1.114		1	AP03002	71.881 3.022	1.114

A existência do campo *TipoFeat* pode parecer redundante no entanto pretende-se que esta tabela seja genérica e poderá haver aplicações que venham a este ler o tipo de elemento para saber como o vão desenhar. O campo *TimeStamp* serve para poder-se reconstituir todo o trajecto da sessão sabendo o tempo em que cada ponto foi recolhido. Pode ser importante porque a precisão das coordenadas depende do número de satélites no momento e desta forma podem analisar-se alguns problemas existentes. O campo *Lido* tem a ver com o facto da coordenada já ter sido desenhada ou não. Também pode ser considerado redundante mas a sua inclusão é justificada da mesma forma que o campo *TipoFeat*.

No caso de escolhermos a opção localizar temos a marca do local conforme se indica na figura da página seguinte. Neste exemplo, o fundo está em branco, mas poderíamos ter uma fotografia ortorectificada ou uma carta digitalizada como informação de contexto. Bas-



tando para tal, usar-se o *software* IRASC instalado sobre o *MicroStation* para permitir posicionar ficheiros georeferenciados em formato *raster*.

## Trabalho Futuro

O desenvolvimento de projectos de *software* tem as seguintes fases:

- desenho e concepção
- implementação
- teste e adaptação
- manutenção

Estes aplicações inserem-se dentro dum projecto mais vasto do qual foram feitas algumas abordagens apenas para justificar a razão de ser das aplicações desenvolvidas. Como foi referido na *Introdução*, quando for recebido o equipamento necessário as aplicações vão passar à fase de teste e adaptação com vista a facilitar e melhorar o trabalho dos topógrafos. Por outro lado outro teste e adaptação terá de ser feita com vista a um outro de gestão de viaturas.

Até agora foi desenvolvido e testado toda a problemática da conjugação de informação *GPS*, *Visual Basic*, *Access*, *MDL* e *MicroStation* que foi objecto do trabalho em causa o futuro já tem estas duas vertentes, anteriormente mencionadas, como aplicações deste trabalho.

Um outro aspecto a ter em consideração é a fácil adaptação dos módulos. Este projecto partido em dois módulos completamente independentes (ver página seguinte).

Os módulos 1 e 2 podem estar na mesma máquina, ou máquinas distintas ligadas em rede. Da mesma forma o ficheiro *access* pode estar ainda numa terceira máquina. Desta

forma, a aplicação pode ter um módulo 1 activado e ter vários módulos 2, bastando apenas expandir o campo *Lido* para *Lido1*, *Lido2*, etc, ou seja, um campo para cada aplicação do tipo módulo 2. O módulo 1 colocaria todos os campos *Lido* a *Falso* (F) e cada módulo depois ler a tabela *PosicaoGPS* colocaria o seu campo *Lido* a *Verdadeiro* (V).

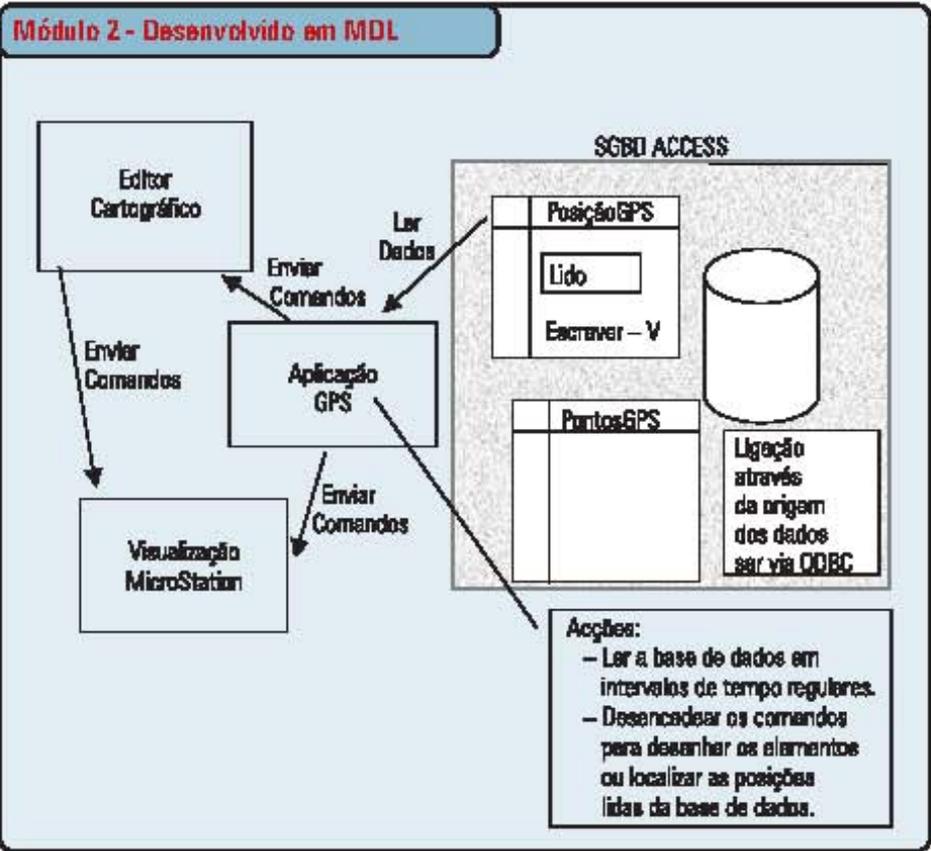
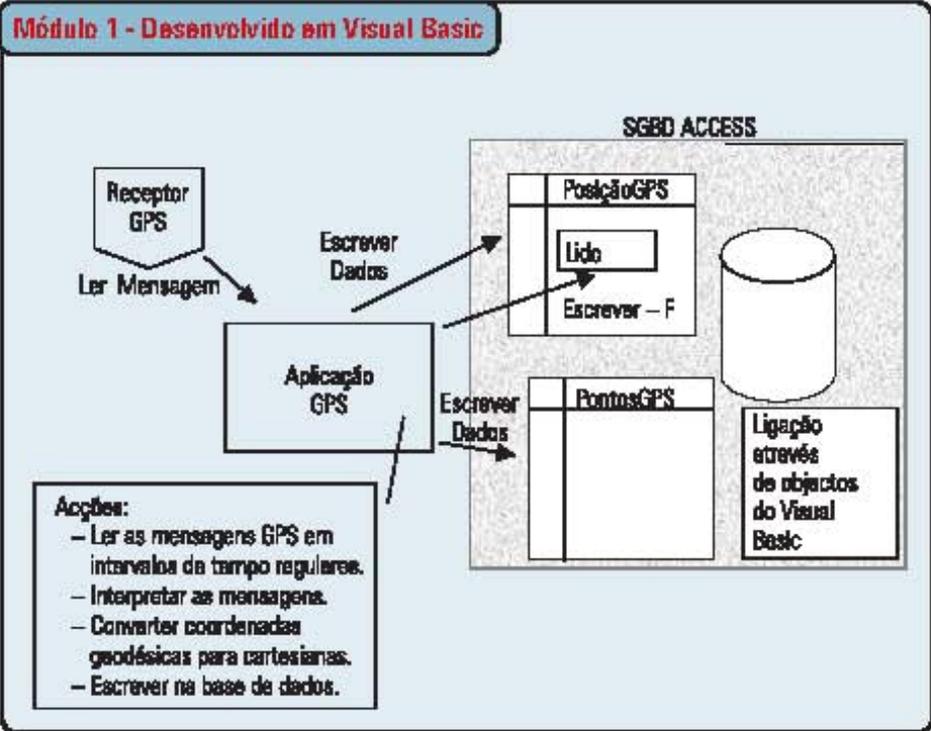
No entanto após isto a imaginação é o único limite da sua aplicação.

## Conclusões

Neste trabalho foram implementados vários conceitos de desenvolvimento de *software* como são o desenvolvimento por módulos e a comunicação entre processos, neste caso, ser feita através dum *SCBD* em vez de memória partilhada ou *sockets*, como é mais vulgar. Por outro lado permitiu a programação em duas linguagens diferentes cada uma a mais adequada ao objectivo pretendido. Para comparação, no que diz respeito à forma de fazer as interfaces, esta é bem diferente em *MDL* e em *Visual Basic*. A interface do *MDL* precisa do ficheiro *gpswin.r* e várias inicializações no procedimento *main()*, enquanto em *Visual Basic* é tudo feito interactivamente. Todo o desenho e concepção teve em consideração o *software* anteriormente desenvolvido com vista à sua reutilização e integração num projecto mais vasto que vem sendo desenvolvido há vários anos e que permanentemente está em continua evolução (fase de manutenção), tendo em vista a adaptação da cadeia de produção cartográfica às novas tecnologias e introdução de novos processos de validar e controlar a qualidade da mesma nas suas várias vertentes.

## Referências Bibliografias

- Manual de *Visual Basic 6.0*
- Manual de *MicroStation Development Language*



# A imagem de satélite na actualização cartográfica: duas aplicações

José da Silva Rodrigues  
*TCor Artº, Engº Geógrafo*  
Vasco Vitorino da Silva António,  
*Cap.Artº, Engº Geog*

*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, que determinam 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 bem como o aumento 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.*

## 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 ciencia 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, vem 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 a nível mundial [Dexter, 1998].

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 conquistada 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 aumentado significativamente a escala cartográfica de trabalho [Cheng and Toutin, 2000] vindo substituir a utilização de fotografia aérea até escalas de representação cartográfica das ordens de 1/5 000 a 1/10 000, e até mesmo com potencialidades de estereorestituição.

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.

## A Actualização Cartográfica

### Preparação da Informação Digital

A cartografia clássica vectorial, embora

1 – Cartografia com base em imagens adquiridas a partir de plataformas espaciais.

2 – Escala da ordem de 1/50 000.

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 que 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.

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, das 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 7º (positivos ou negativos) garantindo a verticalidade das mesmas ao mesmo tempo que se melhora o processo da reamostragem da informação por consequência de outro processo: ortorectificação.

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 [Huurneman, 1995] criados fundamentalmente pela especificidade da área correspondente à imagem, conseguido através de um processo de ortorectificação 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 ortorectificação 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 processo da ortorectificação 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 processo 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 reamostragem 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 passa-alto. Existem vários algoritmos para a transformação *RGB-HSI*, fazendo-se referência a apenas um [Chuvieco, 1996]:

$$H = \arctan\left(\frac{2VDC_g - VDC_c - VDC_r}{\sqrt{3}(VDC_c - VDC_r)}\right) + C, \text{ em que } \begin{matrix} C = 0, \text{ se } VDC_c \geq VDC_r \\ C = \pi, \text{ se } VDC_c < VDC_r \end{matrix}$$

$$s = \frac{\sqrt{6}}{3} \sqrt{VDC_r^2 + VDC_c^2 + VDC_g^2 - VDC_r VDC_c - VDC_r VDC_g - VDC_c VDC_g}$$

$$I = \frac{VDC_r + VDC_c + VDC_g}{3}$$

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 ortorectificação 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.

### 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 ortorectificada 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 imagem. Este processo pressupõe a utilização de filtros “passa-alto” sobre a imagem por forma 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 consti-

4 – Imagens Spot (sensores HRVIR).

5 – A imagem multispectral (XS/XI) é referenciada na imagem pancromática (Pan).



Figura 1 Processo de actualização com base na imagem

tuindo-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.

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 de forma correcta 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 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. Apresentam-se a seguir as figuras 2 e 3 correspondendo respectivamente à cartografia antiga e à cartografia depois de actualizada (à escala 1/250 000) através da imagem de satélite SPOT depois de convenientemente processada.

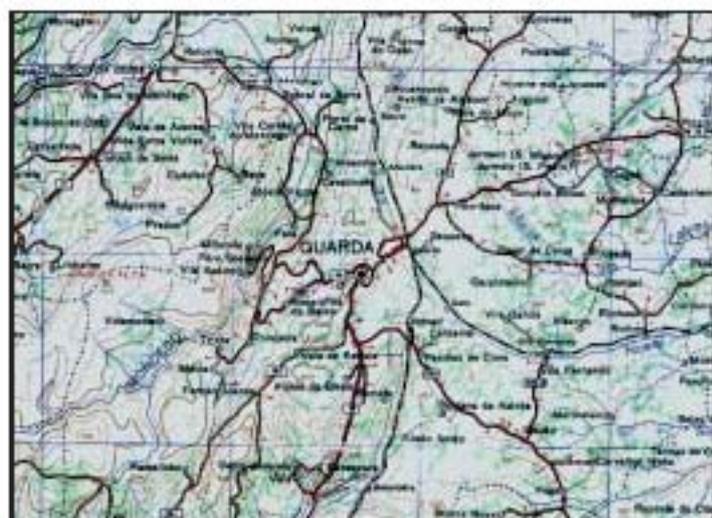


Figura 2 Carta Topográfica antiga

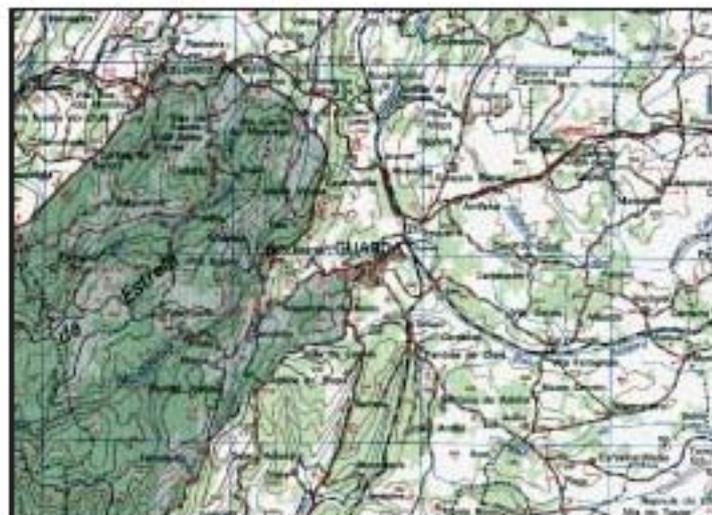


Figura 3 Carta Topográfica actualizada

6 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.

7 Nomeadamente o Plano Rodoviário Nacional - IEP (Instituto de Estradas de Portugal).

## A Cartografia Imagem – Uma Metodologia

Estruturada a informação de base, validada e pré-processada, onde normalmente o processo de reamostragem tem em atenção o *pixel* em conformidade com a escala de impressão, e na sequência da fusão e ortorectificação 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 ortorectificação no processo de reamostragem 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*.

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



Figura 4 – Carta Imagem de Lisboa em falsa cor



Figura 5 – Carta Imagem de Lisboa em cor natural simulada

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

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

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

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):

$$\begin{aligned} m_i \times \sigma_{\mu} - m_j \sigma_{\mu} &= 0 \\ b_i - m_i \times m_j - b_j + \mu_{\mu} \times m_j &= 0 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Recorrendo ao método dos mínimos quadrados, nomeadamente a um ajustamento do tipo combinado (em que as equações de relação são do tipo  $f(x, y, z) = 0$  onde  $x$  são as incógnitas,  $y$  as observações e  $z$  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 seccionar 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 ecrãs 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 confor-

midade com as especificações técnicas da cartografia imagem (IGeoE, 2000), como está patente nas figuras 6 e 7.

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 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.



Figura 6 Carta Imagem de Vila do Bispo

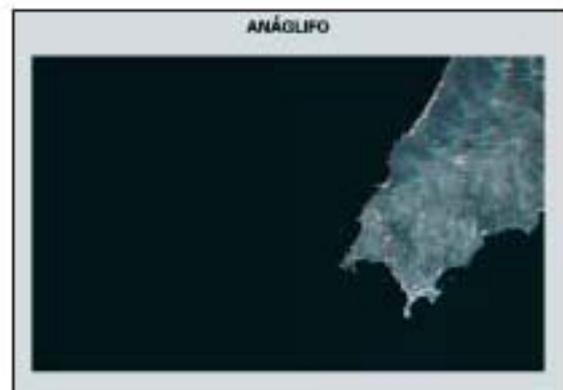


Figura 7 Anáglifo correspondente à Carta Imagem

8 De acordo com a combinação de cor final adoptada. (Cor Natural Simétrica).

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, apresentado neste trabalho apenas no âmbito de conhecimento geral e como processo enquadrado na cadeia de produção cartográfica.

## 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, que numa perspectiva de utilização complementar à cartografia vectorial existente, ou ainda uma perspectiva de combinação com outra informação oriunda de outros sensores, ou por si só, a sua utilização constitui referência homologada.

Assim, e condicionada pela escala de representação versus resolução espacial, a actualização da cartografia de pequena e média escala é hoje uma realidade, assente 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.

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 ortorectificação constituiu sem dúvida um dos elos decisivos nesta cadeia de produção, a qual subsequentemente à fusão de imagem e com recurso ao MDT permitiu, não só a projecção 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 por forma a 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 utili-

9 – Imagens + Informação vectorial.

10 – Imagem inicial e a resultante do processo de fusão de imagem.

11 – Sem contudo ocultar ou dificultar a interpretação da informação presente na imagem.

zador 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 do espectro de 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>.

## Referências e 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*, N.º 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*, N.º 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.
- 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 Journal* 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*, 4th 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.º7, Bangalore, India, pp.565-567.

# Transformação de coordenadas entre sistemas geodésicos

José Lopes, Cap Infº Engº Geógrafo

*A transformação de coordenadas entre os vários sistemas de referência, assume na actualidade uma extrema importância devido às suas múltiplas aplicações, especialmente na fusão de dados terrestres e espaciais, necessária para a unificação das diferentes redes geodésicas.*

*Na situação mais geral, são diferentes os data, as projecções e os elipsóides de referência, dos sistemas em que se pretende realizar a transformação de coordenadas.*

## Transformação entre um sistema geodésico e o sistema terrestre convencional

**E**sta transformação de coordenadas requer o conhecimento da posição e orientação do elipsóide de referência em relação à Terra.

Um datum geodésico pode ser definido através de oito parâmetros sendo dois de forma e seis de posição e orientação (chamados parâmetros de posição de datum). Como estamos interessados na transformação do sistema Geodésico (G)  $(\phi, \lambda, H)^G$  no sistema Terrestre Convencional (TC) é natural especificar os seis parâmetros de posição de datum no centro de massa da Terra (Conjunto geocêntrico de parâmetros de posição de datum) como sendo as três coordenadas TC do centro do elipsóide, chamadas componentes da translação do datum  $(X_0, Y_0, Z_0)$  e os três ângulos de rotação do datum  $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$  que definem a orientação entre os sistemas de eixos.

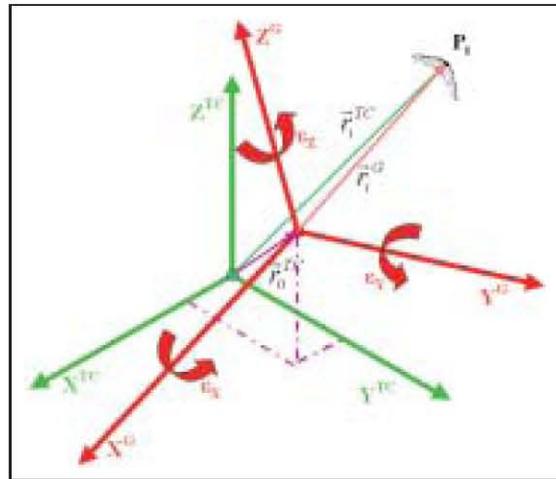


Figura 1 – Sistemas de coordenadas G e TC

A transformação de  $(\phi, \lambda, H)^G$  em  $(X, Y, Z)^{TC}$  é feita em duas etapas :

1– transforma-se  $(\phi, \lambda, H)^G$  em  $(X, Y, Z)^G$  através de

$$\begin{aligned} x &= (N+H) \cos\phi \cdot \cos\lambda \\ y &= (N+H) \cos\phi \cdot \sin\lambda \\ z &= ((1-e^2) \cdot N+H) \sin\phi \end{aligned} \quad (1.1)$$

onde  $N$  representa a grande normal.

2 – Transforma-se  $(X, Y, Z)^G$  em  $(X, Y, Z)^{TC}$  empregando a relação :

$$\vec{r}^{TC} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^{TC} = R_1(\epsilon_x) \cdot R_2(\epsilon_y) \cdot R_3(\epsilon_z) \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^G + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}^{TC} \quad (1.2)$$

Na prática é vantajoso ter os dois sistemas de eixos paralelos, ou seja as rotações,  $\epsilon_x = \epsilon_y = \epsilon_z = 0$ , vindo a equação vectorial anterior simplificada para  $\vec{r}^{TC} = \vec{r}^G + \vec{r}_0^{TC}$  bastando então só três parâmetros de translação para fixar o datum geodésico relativamente à terra.

## Transformação entre dois sistemas de referência

### Fórmulas de Bursa-Wolf

A transformação das coordenadas cartesianas de um ponto genérico  $P_i$  relativas a um dado sistema de referência  $S_1$  nas de outro sistema  $S_2$  é efectuada, no caso geral, por meio de uma relação do tipo:

$$\vec{r}_i^{S_2} = \begin{bmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix}_i = R_1(\epsilon_{x1}) \cdot R_2(\epsilon_{y1}) \cdot R_3(\epsilon_{z1}) \cdot (1 + \alpha) \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_i + \begin{bmatrix} \bar{X}_{0,1} \\ \bar{Y}_{0,1} \\ \bar{Z}_{0,1} \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

onde  $\bar{X}_{0,1}, \bar{Y}_{0,1}, \bar{Z}_{0,1}$  representam as componentes do vector de posição da origem do sistema  $S_1$  no sistema  $S_2$ ;  $\epsilon_{x1}, \epsilon_{y1}, \epsilon_{z1}$  representam os valores das rotações a aplicar aos eixos de  $S_1$  para os sobrepor aos de  $S_2$ , sendo  $\alpha$  um factor de escala.

Se os sistemas  $S_1$  e  $S_2$  são geodésicos e partimos das coordenadas geodésicas do ponto tanto em  $S_1$  como em  $S_2$  é necessário passá-las primeiro para as correspondentes cartesianas tridimensionais por meio das relações (1.1) só em seguida se podendo utilizar (1.3).

Note-se que, sendo conhecidos os sete parâmetros da transformação  $(\bar{X}_{0,1}, \bar{Y}_{0,1}, \bar{Z}_{0,1}, \epsilon_{x1}, \epsilon_{y1}, \epsilon_{z1}, \alpha)$ , basta aplicar a relação (1.3) para passar das coordenadas cartesianas de um ponto em  $S_1$  para as correspondentes em  $S_2$ .

Na prática o problema principal consiste exactamente em estimar os sete parâmetros bem como a sua precisão.

Para os poder estimar é necessário possuir pelo menos três pontos com coordenadas tridimensionais (cartesianas ou geodésicas) em ambos os sistemas, visto que cada ponto nos fornece uma equação vectorial da forma (1.3) equivalente a três equações escalares.

Conhecidas as coordenadas tridimensionais de  $n$  pontos nos dois sistemas, o tratamento destas informações redundantes para estimar os parâmetros da transformação, do sistema  $S_1$  em  $S_2$ , é habitualmente efectuado através do método de ajustamento por mínimos quadrados.

### Emprego do método de ajustamento por mínimos quadrados:

Começa-se por linearizar a equação anterior (1.3).

As matrizes rotação em torno dos eixos, são dadas por:

$$R_x(\phi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\phi & \text{sen}\phi \\ 0 & -\text{sen}\phi & \cos\phi \end{bmatrix} \quad R_y(\psi) = \begin{bmatrix} \cos\psi & 0 & -\text{sen}\psi \\ 0 & 1 & 0 \\ \text{sen}\psi & 0 & \cos\psi \end{bmatrix} \quad R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & \text{sen}\theta & 0 \\ -\text{sen}\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Efectuando a multiplicação, obtém-se:

$$R(\phi\psi\theta) = \begin{bmatrix} \cos\psi \cos\theta & \cos\psi \text{sen}\theta & -\text{sen}\psi \\ \text{sen}\phi \text{sen}\psi \cos\theta - \cos\phi \text{sen}\theta & \text{sen}\phi \text{sen}\psi \text{sen}\theta + \cos\theta \cos\phi & \text{sen}\phi \cos\psi \\ \cos\phi \text{sen}\psi \cos\theta + \text{sen}\phi \text{sen}\theta & \cos\phi \text{sen}\psi \text{sen}\theta - \text{sen}\phi \cos\theta & \cos\phi \cos\psi \end{bmatrix}$$

Uma vez que temos, pequenas rotações, pequenas translações e a escala é aproximadamente igual, então podemos introduzir as seguintes simplificações:

$$\text{sen}\phi = \phi \quad \cos\phi = 1 \quad \phi \cdot \phi = 0 \quad \text{O mesmo para } \psi \text{ e } \theta, \text{ vindo: } R(\phi\psi\theta) = \begin{bmatrix} 1 & \theta & -\psi \\ -\theta & 1 & \phi \\ \psi & -\phi & 1 \end{bmatrix}$$

Pelo que a equação (1.3) pode ser escrita da forma:

$$\begin{bmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} \bar{X}_{0,1} \\ \bar{Y}_{0,1} \\ \bar{Z}_{0,1} \end{bmatrix} + (1 + \alpha) \cdot \begin{bmatrix} 1 & \theta & -\psi \\ -\theta & 1 & \phi \\ \psi & -\phi & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_i \quad (1.4)$$

Desprezando quantidades de segunda ordem relativamente aos valores dos ângulos em radianos, uma vez que na geodesia as rotações  $\phi$ ,  $\psi$  e  $\theta$  são infinitesimais; chamando  $\phi$  a  $R_1(\epsilon_{x1})$ ,  $\psi$  a  $R_2(\epsilon_{y1})$ ,  $\theta$  a  $R_3(\epsilon_{z1})$  por simplicidade de notação e convencionando que estas rotações são positivas quando descritas no sentido retrógrado para um observador situado na origem de  $S_1$ .

A equação (1.4) pode ainda escrever-se da seguinte forma:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X & 0 & -Z & Y \\ 0 & 1 & 0 & Y & Z & 0 & -X \\ 0 & 0 & 1 & Z & -Y & X & 0 \end{bmatrix}_i \begin{bmatrix} \bar{X}_{0,1} \\ \bar{Y}_{0,1} \\ \bar{Z}_{0,1} \\ \alpha \\ \phi \\ \psi \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{X} - X \\ \bar{Y} - Y \\ \bar{Z} - Z \end{bmatrix}_i \quad (1.5)$$

ou em notação simbólica:  $A_i \hat{x} = \hat{f}_i$

podendo agora aplicar o método paramétrico para a estimação dos parâmetros.

Ambos os conjuntos de coordenadas  $(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})$  e  $(X, Y, Z)$  são em regra, grandezas estocasticamente dependentes. Onde a matriz dos coeficientes  $A$  e o vector dos termos independentes  $\bar{T}$  são obtidos, respectivamente, pela junção de  $n$  matrizes do tipo  $A_i$  e  $n$  vectores da forma  $\bar{T}_i$ .

**Estimação dos parâmetros da transformação**

Pretende-se transformar o sistema  $S_1$  no sistema  $S_2$  (figura 2).

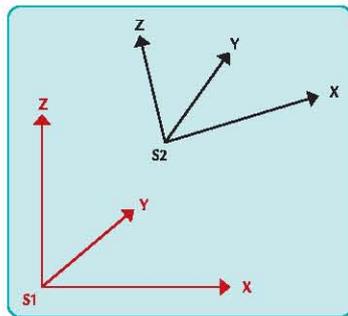


Figura 2

Começa-se por calcular o vector de translação média  $TM$  da origem do sistema  $S_1$  de modo a torná-la muito próxima de  $S_2$ .

As componentes desse vector são:

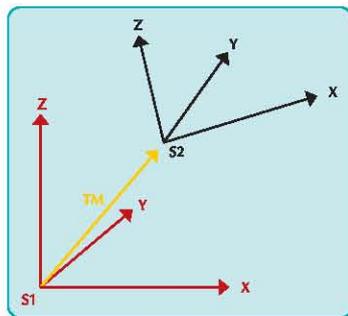


Figura 3

$$\begin{aligned}
 TM_x &= \frac{(\sum(\bar{X}-X))}{n} \\
 TM_y &= \frac{(\sum(\bar{Y}-Y))}{n} \\
 TM_z &= \frac{(\sum(\bar{Z}-Z))}{n}
 \end{aligned} \quad (1.6)$$

que adicionadas às coordenadas, em  $S_1$ , de cada um dos pontos comuns, ficando estes com novas coordenadas dadas por:

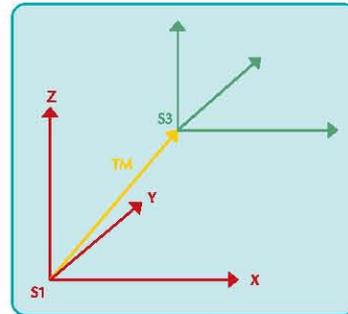


Figura 4

$$\begin{aligned}
 X^* &= X + TM_x \\
 Y^* &= Y + TM_y \\
 Z^* &= Z + TM_z
 \end{aligned} \quad (1.7)$$

num referencial  $S_3$  com os eixos paralelos aos de  $S_1$ , obtendo-se assim a seguinte relação:

$$\begin{bmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix}_i = \bar{T}^* + (1+\alpha) \cdot \begin{bmatrix} 1 & \theta & -\psi \\ -\theta & 1 & \phi \\ \psi & -\phi & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^* \\ Y^* \\ Z^* \end{bmatrix}_i \quad (1.8)$$

em que  $\bar{T}^*$  é o vector de posição da origem de  $S_3$  no sistema  $S_2$ .

A translação total a aplicar à origem de  $S_1$  é portanto:  $\bar{T} = TM + \bar{T}^*$

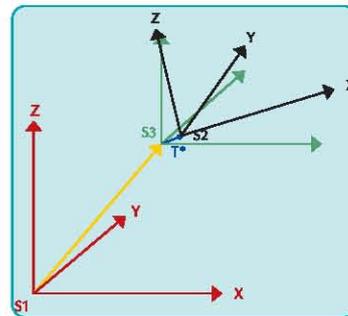


Figura 5

Ao escrever esta igualdade supõe-se que os eixos de  $S_1$  e  $S_2$  são paralelos, o que na prática se traduz num erro desprezável, mesmo nos casos mais desfavoráveis, em que a translação  $TM$  atinja algumas centenas de metros.

A técnica matemática para a estimação dos parâmetros, após esta transformação prévia, conduz a:

$$\begin{bmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix}_i = \bar{T}^* + (1+\alpha) \cdot \begin{bmatrix} 1 & \theta & -\psi \\ -\theta & 1 & \phi \\ \psi & -\phi & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^* \\ Y^* \\ Z^* \end{bmatrix}_i$$

que coincide com a descrita para o algoritmo de Bursa-Wolf.

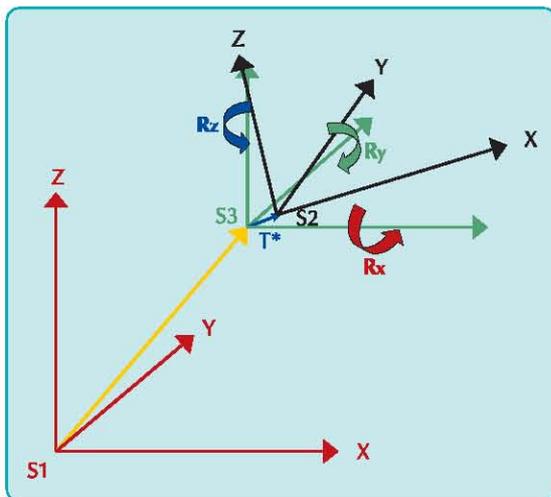


Figura 6

Diferindo agora  $S_3$  de  $S_2$ , de uma pequena translação  $\bar{T}^*$  e de pequenas rotações em torno dos eixos coordenados, como pretendido.

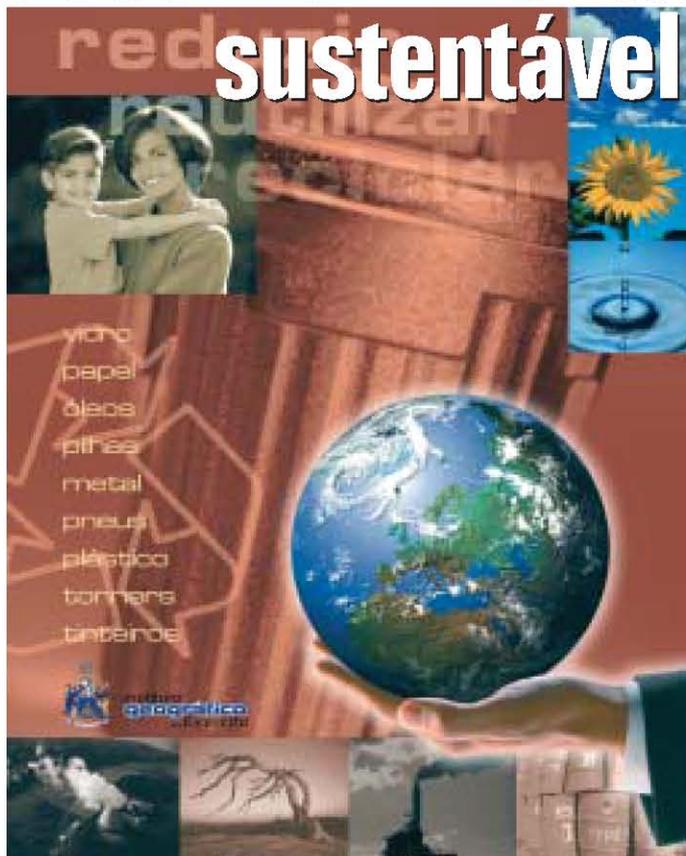
## Conclusão

Após o cálculo destes parâmetros, é possível a transformação de coordenadas entre sistemas de referência, mesmo nos casos mais gerais em que os data, os elipsóides e as projecções são diferentes. Sendo apenas necessário o conhecimento das coordenadas dos pontos homólogos nos dois sistemas, num mínimo de três; sendo no entanto desejável um número superior de pontos para o cálculo dos parâmetros, permitindo obter um melhor resultado na transformação.

## Bibliografia

- Pagarete, J.A. (1984). "Transformação de coordenadas em geodesia e cartografia", LNEC. Lisboa.
- Bomford, G. (1962), "Geodesy", Clarendon Press, Oxford.

# No caminho do desenvolvimento sustentável



Dr. Mário Rui Mateus, *Geógrafo*

*“O desafio que enfrentamos consiste em fazer com que os planos estratégicos ultrapassem as exigências do curto prazo, por em prática uma economia que reflecta, nas políticas que criamos, na legislação que elaboramos e no preço dos bens que adquirimos, o valor do ar que respiramos e da água que bebemos”*

Pannis Paleokrassas, membro da Comissão das Comunidades Europeias, Maio de 1993

## Introdução

nas últimas duas décadas, a União Europeia tem vindo a criar programas com vista a contrariar a constante deterioração do estado geral do ambiente na comunidade.

Face ao aumento da concorrência internacional e à tendência de crescimento dos níveis de actividade e desenvolvimento na Comunidade, potenciaram as grandes preocupações há muito debatidas no meio científico sobre a preservação do ambiente, que através do veículo da informação, permitiu a consciencialização ambiental globalmente, que veio criar grandes pressões, sobre os recursos naturais, o ambiente e, em última análise, a qualidade de vida dos cidadãos.

As preocupações globais relativas à mudança climática, desflorestação, crise energética, a gravidade e persistência dos problemas de subdesenvolvimento e o progresso das alterações políticas e económicas da União, já não são somente discutidas no foro científico e político, pois elas já fazem parte do quotidiano das populações.

Esta difusão da consciência ambiental, a diversos níveis da estrutura social, tem permitido um enraizamento e uma posição sobre as questões ambientais em que, o ambiente só é respeitado se houver a promoção de um crescimento sustentável.

A política que a União Europeia está a seguir tem por objectivo atingir um nível de protecção elevado, em que as exigências na matéria de ambiente devam ser integradas na definição e aplicação das demais políticas comunitárias, em que todas as decisões a tomar ao nível Nacional e Regional, tenham de ter em consideração a participação activa dos cidadãos.

Através desta posição, pretende-se atingir o equilíbrio entre a actividade humana e o desenvolvimento, em que a protecção do ambiente exige uma repartição de responsabilidades equitativa, por parte de todos os intervenientes, e claramente definida por referência ao consumo e ao comportamento face ao

ambiente e aos recursos naturais. Isto implica:

- a integração de considerações ambientais na formulação e implementação das políticas económicas e sectoriais, nas decisões das autoridades públicas, na operação e desenvolvimento dos processos de produção e nos comportamentos e escolhas individuais;
- a existência de um diálogo real, através da discussão aberta e franca sobre as questões ambientais com o poder local, de forma a se poder planear, a médio prazo, para a concretização de infra-estruturas de modo a reduzir/anular os problemas ambientais;
- a concretização de acções em parceria, com o objectivo:
  - 1) de identificar os aspectos ambientais significativos comuns e assim partilhar soluções para a sua minimização;
  - 2) de obter uma participação e discussão activa para a obtenção de um maior número de respostas, de modo a se actuar na minimização dos problemas ambientais, e assim decidir pela melhor solução a implementar em prol da comunidade.

O ambiente só será minimamente protegido se se optar pelo desenvolvimento sustentável, em que a palavra ‘sustentável’ pretende reflectir uma política de estratégia de desenvolvimento económico e social contínuo, sem prejuízo do ambiente e dos recursos naturais de cuja qualidade depende da continuidade da actividade humana e do desenvolvimento.

Optar pelo desenvolvimento sustentável exige, em termos práticos que:

- 1) o fluxo de substâncias ao longo das várias fases de transformação, consumo e utilização seja gerida de forma a facilitar ou a encorajar a optimização da reutilização e da reciclagem, uma vez que as reservas de matérias-primas são finitas, tentando assim evitar desperdícios e esgotamento de recursos;
- 2) a produção e o consumo de energia sejam racionalizadas, introduzindo tecnologias modernas que funcionem através de energia renovável, criando condições para utilizar

luz natural nas áreas de trabalho, sensibilizar os trabalhadores, etc.;

- 3) os padrões de consumo e de comportamento da própria sociedade sejam alterados, realizando campanhas de sensibilização e formação, adoptando e implementando estruturas funcionais que permitam e vão de encontro às necessidades das pessoas.

## O papel da União

A política e as acções da União Europeia em matéria de ambiente, tem vindo ao longo da sua constituição, a se intensificarem e a serem alargadas, quer no espaço físico quer nos domínios de intervenção.

Inicialmente, as suas acções incidiram apenas na resolução de problemas especialmente graves e localizados, numa actuação meramente correctiva. Depois, e após o reconhecimento que o efeito da poluição estava em franco crescimento, colocando em risco a saúde das populações e do ambiente, e também, porque a poluição não ficava retida apenas no espaço físico dos países que a produziam, ou seja, a poluição traz consequências globais, logo, a actuação da União centralizou-se em envolver, incentivar e discutir esta problemática com países seus membros e outros, de modo a optar e subscrever medidas políticas e acções de actuação que permitissem atingir, a médio prazo, um abrandamento da poluição produzida.

Mais recentemente, e por decisão dos seus membros, a União Europeia aceitou que os problemas de natureza global – mudança climática, redução da camada de ozono, diminuição da biodiversidade, a acção antrópica, etc. – estão a ameaçar de forma progressiva e





rápida, o equilíbrio ecológico do nosso planeta. Sendo assim, qualquer tipo de actuação tem de ser feita a uma escala planetária, cabendo à UE uma postura firme e eficaz na aplicação da sua autoridade moral, económica e política, na promoção de esforços internacionais para a resolução dos problemas planetários e para incentivar um desenvolvimento sustentável duradouro.

Para tal, o mundo industrializado deve ser o primeiro a dar o exemplo, não só por ser o que mais polui, mas também porque é o que tem mais condições, em termos de riqueza, para investir em novos equipamentos, introduzir novas metodologias de trabalho e implementar ferramentas e métodos inovadores que permitam minimizar os impactes ambientais.

## **A implementação de Sistemas de Gestão Ambiental**

Os Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) vieram dar respostas, através da sua implementação, para melhoria do ambiente e consequentemente contribuição para o desenvolvimento sustentável.

A implementação destes Sistemas está ao alcance de qualquer gestor desde que pretenda estabelecer uma política de ambiente ajustada à realidade da sua organização, identificar os aspectos ambientais significativos, os requisitos legais relevantes e as prioridades, de modo a estabelecer objectivos e metas ambientais adequadas. As auditorias ambientais internas, inerentes à operacionalidade do SGA implementado, contribuem para a avaliação da eficácia do próprio na prossecução dos objectivos e metas delineados, com consequente activação das necessárias medidas correctivas.

De facto, com a utilização do SGA, o desenvolvimento económico e social e a preservação do ambiente são atingidos em simultâneo através:

### **1) dos benefícios económicos**

mediante a racionalização dos consumos energéticos e da matéria prima, através de uma eficiente operacionalidade, no desenvolvimento dos produtos, na gestão dos materiais. Introduzindo tecnologias limpas para reduzir e controlar a poluição e ter um comportamento ambiental na actividade do dia a dia, praticando a reutilização e a reciclagem.

### **2) dos benefícios face à redução de riscos ambientais**

através da melhoria contínua dos processos de controlo e das condições de trabalho; da redução do ruído para o exterior; do melhoramento e implementação das condições de segurança.

### **3) das vantagens competitivas**

com a criação de uma imagem da empresa como “amiga do ambiente”, amplamente aceite e bem vista pela comunidade, pelos seus clientes (internos ou externos) e das autoridades, proporcionando uma vivência equilibrada entre todas as partes envolvidas.

Este somatório irá criar, de uma forma gradual e contínua, o equilíbrio necessário e essencial para melhorar qualitativamente o desempenho

da empresa, a vida dos cidadãos e, assim, contribuir para a preservação do ambiente.

## O Sistema de Gestão Ambiental no IGeoE

O Instituto Geográfico do Exército tem desde Julho do ano transacto um SGA implementado e adequado às suas actividades. Facto esse reconhecido pela obtenção da certificação, segundo as Normas Internacionais ISO 14 001, em Junho do corrente ano.

Sendo este um Sistema de carácter voluntário, demonstra, efectivamente, a importância que a preservação do ambiente tem para a Direcção e os demais colaboradores, que em muito contribuíram com a sua participação, empenho e dedicação para atingir o resultado alcançado.

Neste momento, o IGeoE apenas deu um pequeno passo num longo caminho que tem que percorrer para, e de forma continuada, adequar as suas práticas produtivas em prol da preservação do ambiente.

Embora, tenha sido apenas dado um pequeno passo, passou a fazer parte de um pequeno grupo de entidades a nível Nacional, que além de contribuírem com a sua produ-

tividade para o desenvolvimento económico do país, pretendem que esse seja feito de forma equilibrada entre os factores económicos, sociais e ambientais para que, de forma sustentada, se possa atingir a qualidade de vida.

Em termos políticos e estratégicos demos o exemplo a seguir. Melhorámos e queremos aperfeiçoar ainda mais o nosso comportamento ambiental, cumprimos com a legislação e normas ambientais em vigor; tratamos os nossos

resíduos praticando na nossa actividade diária a redução, a reutilização e a reciclagem; continuamos a reduzir os nossos consumos energéticos; apostamos na sensibilização e formação dos recursos humanos para que tenham cada vez mais uma participação activa sobre as questões ambientais, porque pretendemos continuar a construir e a melhorar a nossa qualidade de vida, para que possamos satisfazer as nossas necessidades e também, criar condições para que as gerações vindouras tenham direito a construir a sua

qualidade de vida, porque sabemos que as suas exigências vão ser bastante superiores às nossas.

Só existe, neste momento um caminho a seguir se, efectivamente, pretendemos oferecer um futuro melhor aos nossos filhos que é pela **preservação do ambiente**.



# A inserção do sistema inercial no processo fotogramétrico do IGeoE

---

António Cavaca, Major Art<sup>º</sup> Eng<sup>º</sup> Geógrafo

## Introdução

No âmbito das actividades levadas a cabo durante o biénio 2000/2001, decorreram estudos e testes, na Secção de Fotogrametria do Departamento de Aquisição de Dados do Instituto Geográfico do Exército, no sentido de introduzir no processo fotogramétrico, dados provenientes do Sistema GPS/INS (*Global Position System / Inertial Navigation System*).

Em termos genéricos, a orientação e a georeferenciação de uma cobertura aerofotográfica, pode ser feita em estereorestituidor, através da sequência de orientações internas, orientações relativas e orientações absolutas ou, então, tendo por base a sequência de orientações internas e orientações externas.

O primeiro método obriga inevitavelmente a uma triangulação aérea (T.A.) para todo o bloco, que embora requeira um apoio de campo mínimo, não deixa de ser um processo de tratamento e análise de dados moroso e complexo, dado o carácter determinístico de algumas das variáveis em jogo, nem sempre facilmente controladas pelo operador. Na ausência de T.A. este método de orientação, exige um adensamento de apoio de campo, hoje questionável em matéria de custos de produção.

O aparecimento dos sistemas inerciais, que teoricamente disponibilizariam associados a cada centro de projecção os seis elementos de orientação externa, três de posição ( $x, y, z$ ) e três de atitude da aeronave ( $\omega, \phi, \kappa$ ) criou a expectativa, inerente à possibilidade de, com elevado ganho em tempo, orientar e georeferenciar as coberturas de forma mais simples. Bastaria para isso, executar uma transformação afim por imagem, garantido assim as orientações internas, e em seguida, importar os elementos de orientação externa saídos do sistema inercial.

Poder-se-ia dizer, em abstracto, que com estes dois passos, as imagens ficariam com uma georeferenciação *pixel a pixel*, e apresentar-se-iam “fundidas” em modelos este-

reoscópicos totalmente desprovidos de paralaxe vertical. Levantadas as hipóteses, impunha-se testá-las, dadas as vantagens que a inserção do sistema no processo fotogramétrico parecia indicar.

## Planeamento

O voo do bloco de Santarém foi o primeiro a ser pensado e executado com sistema GPS/INS, acarretando preocupações acrescidas, motivadas pelo fraco conhecimento, em Portugal, da real fiabilidade da componente INS.



Figura 1 – Enquadramento do voo

Havia em termos de planeamento, a necessidade de garantir o aproveitamento da cobertura fotográfica, pelo que se planeou um voo prevendo a eventualidade das precisões angulares dos elementos de orientação externa, saídos do sistema INS, não serem compatíveis com os níveis de paralaxe residual e de exactidão na georeferenciação, exigidos para se poderem vectorizar os objectos e realidades terreno, à escala da representação pretendida.

Se a hipótese mais desfavorável se viesse a concretizar, a geometria das fiadas da cobertura permitiria usar só os dados GPS para, com um apoio de campo apropriado, e usando uma T.A., garantir a utilidade do material fotográfico.

## Voo de calibração

Sabia-se que o sistema inercial, recente-

mente adquirido por uma empresa privada nacional, teria que ser calibrado a partir de uma T.A. feita sobre um voo especificamente realizado para o efeito. No entanto, dada a novidade do sistema, pouco mais se conhecia.

Foram feitos contactos informais com a dita, e única, empresa portuguesa que opera o sistema, a qual se mostrou desde logo disponível para colaborar; aliás, houve desde logo um interesse explícito da empresa, no sentido de, em parceria, se testarem as reais capacidades do sistema.



Figura 2 – Unidade de controlo do sistema

Do primeiro contacto com o equipamento, ficou desde logo no ar a ideia, de que as precisões angulares dos elementos de orientação externa, obtidos para cada uma das fotografias do bloco, seria fortemente condicionado pela calibração do sistema, calibração essa, obtida à custa de um voo com duas fiadas, no centro do bloco, a 10 exposições cada uma.

Pensou-se inicialmente em usar para calibração, duas das fiadas centrais já planeadas no plano de voo inicial, no entanto, a experiência do IGeoE demonstra que para voos a escalas da ordem de 1:25 000, é quase impossível, garantir simultaneamente uma trian-



Fig. 3 - Rede de calibração

gulação bem agarrada ao terreno e precisões finais na localização dos pontos triangulados superiores a 10 micron.

Esta dificuldade é em larga medida motivada pelas incertezas associadas às leituras de coordenadas imagem na aquisição, incertezas essas, tanto maiores quanto mais pequena for a escala da cobertura fotográfica.

Multiplicando 10 micron pelo módulo da escala (25 000) obter-se-ia uma precisão de 25 cm, o que para uma T.A. cujo objectivo fosse dar elementos de orientação para restituição à escala 1:25 000, era um resultado óptimo. Analisados os manuais do sistema inercial, verificou-se, que para além de exigências de maiores precisões, também a T.A. para calibração, tinha um enquadramento diferente da habitual T.A. para restituição.

As duas fiadas adjacentes, com 10 disparos cada uma, teriam que ser voadas em sentidos contrários. Obter-se-iam valores iniciais, para os elementos de orientação externa com grande incerteza, pelo facto de na determinação destes primeiros valores se desconhecerem parâmetros essenciais, facto a ultrapassar com um posterior processo de compensação e ajustamento.

Desconhece-se, por exemplo, no instante em que ocorre cada disparo, a orientação espacial rigorosa do vector entre a antena GPS e o centro óptico da câmara aérea, de modo a poder obter com rigor as coordenadas WGS84 geográficas, de cada centro de projecção.

Será à custa destas coordenadas GPS aproximadas, que em tempo real, a componente inercial verá a sua deriva compensada, ou melhor, grosseiramente compensada.

O sistema inercial em questão, acoplado ao suporte da câmara métrica, mantém componentes electro-mecânicas em rotações elevadíssimas em torno dos três eixos de atitude centrados na aeronave, o que lhe permite constituir-se num sistema isolado relativamente

a forças exteriores, e lhe confere uma enorme sensibilidade. Desta forma, conjugando o desempenho de giroscópios e acelerómetros, qualquer pequena oscilação na atitude do avião, que se traduza em componentes de rotação significativas em torno de cada eixo, será detectada e quantificada pelo sistema.

A quantificação da variação da atitude da



Figura 4 e 5 - O sensor inercial acoplado ao suporte da câmara aérea

aeronave, é obtida através da medição das acelerações angulares, provocadas pelas ditas oscilações, com uma frequência de 200 medições por segundo, o que antevê, desde logo, quantidades de informação elevadas, para armazenar e processar, informação essa guardada na unidade de armazenamento e processamento de dados em voo.



Figura 6 – Unidade de armazenamento e processamento de dados em voo

Dada a incerteza na georeferenciação directa utilizando este sistema, a triangulação aérea para calibração, aparece como método de obtenção de valores da atitude do avião em relação ao referencial terrestre ( $\omega, \phi, \kappa$ ) ajustados e com precisões elevadas, servindo esses valores para, em pós processamento, compensar e ajustar os valores ( $\Omega, \Phi, K$ ) obtidos para cada centro de projecção, na totalidade do bloco.

Ficou claro para o grupo de trabalho, a falta de autonomia do sistema relativamente a métodos de georeferenciação e orientação actualmente utilizados.

Por imposição de requisitos técnicos baixou-se, para as fiadas de calibração, o voo inicialmente planeado. A altitude de voo para as duas fiadas passou a ser a correspondente a uma escala 1:8 000

Esta redução da altitude, veio no sentido de garantir precisões globais dos elementos de saída da T.A. abaixo de 10 micron.

## Preparação para o campo

Para garantir leituras de pontos fotogramétricos, com a maior precisão que se conhece, planeou-se a utilização de telas de pré-sinalização, dado o seu grande contraste com o meio circundante, e a sua forma e dimensão adequadas aos sistemas de leitura dos aparelhos de fotogrametria.

De modo a agarrar bem a malha de triangulação ao referencial terreno, planearam-se as áreas de pontos fotogramétricos (PFs) na cercadura do conjunto das duas fiadas. Planeou-se o traçado das duas fiadas, tal que o vértice geodésico (VG) COLUMBEIRA ficasse na zona dos 30 % de sobreposição entre ambas.

Por ser um vértice central a todo o bloco, e devido às óptimas condições de recepção de sinal *GPS*, o planeamento desenvolveu-se de modo a que este vértice fornecesse todo o apoio geodésico ao trabalho. O VG COLUMBEIRA, serviu assim de estação fixa para apoio ao voo, de modo a que em pós processamento, fornecesse o diferencial para obtenção das coordenadas dos centros. Serviu também de base ao módulo *GPS / RTK*, para fornecimento em tempo real do diferencial, para coordenar todo o apoio de campo.

Neste complicado método de calibração, havia que minimizar ao máximo a introdução de valores com incertezas significativas associadas, pelo que a opção passou por utilizar o menor número de transformações possível.

Os centros de projecção são obtidos por processamento das leituras *GPS*, em coordenadas geodésicas, reportadas ao elipsóide *WGS84*, pelo que seria vantajoso obter o apoio de campo directamente nesse sistema de referência, e vantajoso seria também, triangular no mesmo referencial espacial, evitando a introdução de imprecisões fruto da utilização de transformações de coordenadas.

## Trabalho de campo

Embora o trabalho de campo, não faça

parte integrante do processo fotogramétrico, recaiu também sobre a fotogrametria a execução do mesmo, para o que se contou com o apoio de elementos das brigadas topográficas da Secção de Topografia do IGeoE.

O primeiro trabalho a executar foi coordenar o VG COLUMBEIRA no sistema WGS84. Pensou-se numa primeira fase em executar o trabalho através de uma estação fixa, usando um receptor de dupla frequência em sessões contínuas, obtendo-se as coordenadas à *posteriori*, por processamento das observações entretanto armazenadas em memória. No entanto, analisadas as precisões com que o módulo GPS cinemático (RTK) fornece as coordenadas, quando a funcionar em tempo real, com uma base de dupla frequência, e forçando-o a usar observações super abundantes, optou-se por este método, por ser mais funcional.

Dentro das áreas definidas em gabinete, escolheram-se superfícies planas, e implantaram-se os pontos fotogramétricos (PFs) artificiais.

As marcas foram colocadas com as dimensões que garantissem que o círculo central tivesse um diâmetro acima da largura do *pixel*, resultante da digitalização da fotografia, para que pudesse ser facilmente lido, na aquisição para a T.A. por correlação de imagens.



Figura 7 – Colocação de um ponto fotogramétrico artificial



Figura 8 – Teste de GPS

Durante os dois dias de trabalho de campo, foram também retiradas ilações sobre o período do dia, em que na região, a geometria da constelação de satélites é mais favorável, ou seja, o período do dia em que, por ser maior o número de satélites em condições de recepção, mais redundância se obtém nas observações e maiores precisões se obtém nas coordenadas WGS84 ajustadas dos pontos.

Esta informação foi transmitida à empresa de fotografia aérea, no sentido de junto do controlo aéreo regional, solicitar autorização para executar o voo no melhor período GPS do dia, de modo a garantir o menor número possível de centros de projecção com incertezas associadas às coordenadas obtidas, incompatíveis com as precisões de entrada para a T.A. de calibração.

Refira-se que no âmbito da T.A., resíduos elevados entre as coordenadas de entrada (observações) e os valores ajustados das coordenadas dos centros, os colocam inevitavelmente fora da triangulação, sob pena de estes centros, forçarem localmente a rede de triângulos para posições espaciais erráticas, criando áreas de T.A. deficientemente agaradas ao referencial terreno.

### Cálculo da T.A.

Os programas de T.A., contrariamente aos de triangulação geodésica, só fazem ajustamentos no plano, o que impossibilitou a triangu-

lação em coordenadas elipsoidais. Teve-se, no entanto, o cuidado de na transformação manter o elipsóide para minimizar a introdução de erros, passando de Geodésicas / WGS84 para UTM / WGS84.

Os resultados da triangulação motivaram grande satisfação, porque para além da precisão média de cerca de 6 cm ( $7,3 \text{ micron} \times 8000$ ), a T.A. estava garantidamente bem agarrada ao terreno, porque todos os pontos de apoio entraram e os resíduos associados às observações eram insignificantes.

## Testes em laboratório

Fornecidos os elementos de orientação externa obtidos por TA à empresa proprietária do sistema, esta integrou-os no conjunto dos dados de pós processamento, condicionando os dados finais aos valores de calibração.

Refinado o pós processamento, a empresa forneceu, por imagem, os seis elementos de orientação externa compensados e ajustados de todo o bloco.

A entrada em aparelho foi rápida e fácil, no entanto os testes acabaram por arrefecer os ânimos, que entretanto o processo gerou.

Em termos de georeferenciação planimétrica, obtiveram-se valores de exactidão nas coordenadas, abaixo de um metro, em termos altimétricos foi impossível tirar conclusões, porque a paralaxe residual ao longo do bloco era em termos médios de tal forma elevada, que impossibilitava pousar com certeza adequada, a marca sobre o terreno.

Os elementos de posição eram bons, os de orientação pouco precisos, o que não permitiu uma “desparalaxação” suficiente dos modelos estereoscópicos.

Uma ou mais de três causas teriam ocorrido, ou os elementos de saída da TA estavam eivados de erros e estavam a viciar os resultados, ou as variações quantificadas de posição e/ou atitude da aeronave recebidas eram resultado de variáveis não afectadas pela TA,

ou ainda o processamento final dos dados não estaria a ser correctamente executado.

Para dissipar dúvidas a TA foi testada em laboratório, recorrendo a pontos da rede geodésica, o que experimentalmente confirmou as precisões atrás referidas para a triangulação.

À medida que o processo e os testes se foram desenrolando, a empresa de fotografia aérea foi pedindo explicações aos construtores do sistema, até que, sem apresentarem soluções para o problema, propuseram a troca do sistema por uma versão mais recente, que incorpora combinações de acelerómetros e giroscópios de última geração, com sensibilidades mais finas.

Tal como o IGeoE, outros órgãos internacionais produtores de informação geográfica georeferenciada, testaram a utilização de dados GPS/INS. Na Semana da Fotogrametria, que decorreu no final do mês de Setembro do corrente ano, na Alemanha, em conversas informais, todos se queixavam do mesmo. Para georeferenciar e orientar suportes de informação geográfica, para serem trabalhados a pequenas escalas e a 2D (ortofotocartografia), os actuais sistemas, apresentam dados de saída com graus de incerteza aceitáveis. Para estéreo-vectorização ou modelação a 3D, em medias e grandes escalas, as facilidades não são tão evidentes.

Confrontados com o problema, em sede e *timing* próprios, os oradores da empresa construtora do sistema, presentes na conferencia, assumiram que as primeiras gerações de sistemas inerciais, apresentavam alguma dificuldade em quantificar com precisão suficiente as variações de atitude, nomeadamente as que ocorrem em torno do eixo dos ZZ, ou seja as variações de valor de K.

Com estas declarações facilmente se explica a paralaxe residual detectada no IGeoE, ou seja, a compensação da deriva de uma fotografia do modelo em relação à outra, no plano horizontal, era deficientemente executada, o que, impossibilitava a fusão dos objectos, e a consequente obtenção de estereoscopia liberta de efeitos aberrantes.

## Considerações finais

Parece de pacífica aceitação, que o futuro da fotogrametria, em matéria de métodos e procedimentos, passará inevitavelmente por este campo, no entanto, e sem se querer ser conservador, parece claro que este domínio recomenda prudência. Automatizar é sinónimo de rapidez de processos e sinónimo de desenvolvimento, no entanto, salvo melhor opinião, no âmbito da produção de informação geográfica georeferenciada, só fará sentido acelerar processos, se no mínimo, não houver degradação da qualidade da realidade produzida.

No espectro empresarial, a celeridade na retoma dos capitais investidos, constitui-se muitas vezes como factor de sobrevivência e longevidade das empresas, o *marketing* assume neste processo um papel fundamental.

A necessidade imperiosa de conferir liquidez através de receitas, leva em muitos casos, a que se coloquem no mercado produtos deficientemente testados, ou não totalmente desenvolvidos.

Para cartografar com rigor compatível a média e grande escala, utilizando dados dos sistemas inerciais, os produtores de cartografia nacionais terão que esperar pelos sistemas de terceira ou quarta gerações, actualmente a serem desenvolvidos pelas duas empresas produtoras mais avançadas neste domínio.

Quando a mudança de métodos é brusca e revolucionária o bom senso manda que a experimentação impere.

Parece oportuno, também aqui, invocar o conhecimento popular:

*“quando a fatura é muita o pobre desconfia”*

# Recordando um engenheiro português ao serviço da Cartografia Militar

Maria Helena Dias,

*Professora Associada da Universidade de Lisboa  
e Investigadora do Centro de Estudos Geográficos*

*Le corps des ingénieurs portugais est très mauvais, très mal composé & très ignorant; ils ne peuvent servir tout au plus qu'à régler du papier & numéroté un registre; c'est aussi à quoi on les employe souvent (...). Les Portugais pourroient profiter du bonheur qu'ils ont d'avoir quelques ingénieurs étrangers, pour dresser de bonnes cartes de leur pays qui leur manquent totalement; mais on n'y a pas encore travaillé: on en parloit beaucoup cette année à l'occasion d'un cadastre général que le Ministre vouloit faire exécuter, mais le projet étoit trop grand, & les moyens trop courts. On pourroit se réduire pour la partie militaire, qui en a besoin, à dresser de bonnes cartes topographiques des chaînes de montagnes, des rivières, des ravins & des plaines frontières de l'Espagne, pour avoir ses postes tous reconnus en cas de guerre. On dit que le Comte de la Lippe a très bien reconnu tout le pays qu'il a parcouru dans la campagne de 1762, & que d'après son travail il en fait faire des cartes.*

General Dumouriez, 1775

**H**á 200 anos, Portugal já se tinha lançado nos trabalhos geodésicos e ensaiado os primeiros passos na Cartografia moderna. O País começava a ser representado com um rigor antes impossível. Este rigor de posicionamento seria acompanhado, imediatamente a seguir, pela figuração objectiva das formas do terreno. Melhoravam-se as “hachures” (ou normais), que atingiram nesta época uma perfeição notável; só depois surgiram as primeiras cartas com curvas de nível, abstractas, pouco artísticas, mas mais precisas do que nunca. A representação do relevo terrestre foi, na realidade, das conquistas mais tardias da Cartografia mundial: em causa estiveram não só dificuldades técnicas em determinar as altitudes mas ainda dificuldades conceptuais em as referir a um plano único e universal.

Nessa altura, os engenheiros militares portugueses levantavam as cartas no campo e à mão, mas não abundava quem fosse capaz de o fazer. Raras eram as cartas impressas e eram-no no estrangeiro; por isso, a maioria tinha uma circulação muito restrita. Também poucos eram os portugueses que podiam utilizar a informação cartográfica ou que o sabiam fazer.

Não havia ainda uma imagem aceitável do con-

junto do País. As cartas gerais que existiam eram estrangeiras ou adaptações feitas pelos portugueses, mas todas eivadas de erros e merecedoras do maior descrédito. Os levantamentos que se iam executando cobriam sobretudo áreas restritas e visavam essencialmente a defesa do território nacional e a concretização das operações militares no terreno. Embora houvesse já um ensino organizado, faltavam engenheiros capazes de executarem os levantamentos necessários; faltavam também os artistas que, no gabinete e sobre o papel, dessem expressão final às imagens obtidas no campo; faltavam, sobretudo, as estruturas que centralizassem e impulsionassem os trabalhos. Mas a situação política do País não era então propícia a grandes mudanças. Estava-se, em Portugal, na infância da Cartografia topográfica, com as primeiras tentativas de figuração objectiva e rigorosa dos aspectos essenciais do território, condição essencial para os desenvolvimentos posteriores.

É neste enquadramento, traçado muito genericamente, que se situa a importante acção de José Maria das Neves Costa (1774-1841), oficial do Real Corpo de Engenheiros, formado na Academia de Fortificação, Artilharia e Desenho (1793-1796), após os preparatórios na Academia de Marinha (1791-1793). Aluno sempre premiado, foi considerado um dos melhores do seu tempo, para além de hábil desenhador. Admitido ao posto de segundo tenente no ano em que concluiu os seus estudos, ele era, em finais do século XVIII, um dos 129 oficiais engenheiros ao serviço do País (dos quais 21 no Ultramar e 9 na Comissão da Carta Geográfica do Reino), trabalhando então na Secretaria do Exército.

## Os primeiros trabalhos cartográficos no Alentejo

Neves Costa iniciou os seus trabalhos cartográficos pela fronteira do Alentejo, logo nos princípios de Oitocentos. Nomeado em Outubro de 1802 para servir na Inspeção-Geral das Fronteiras e Costas Marítimas do Reino, às ordens do Marquês de Rosière<sup>1</sup>, participou em reconhecimentos militares nessa parte do território português e levantou uma carta da área compreendida entre o Rio Tejo e Assumar. Por aí andou nos anos de 1803 a 1806 e desse período nos poderia dar conta um diário manuscrito, que foi adquirido num antiquário por Henrique Ferreira Lima, em conjunto com um outro trabalho seu sobre a campanha do Alentejo em 1801, em que se perdeu Olivença, este último publicado (J. M. das Neves Costa, 1914). Lamentamos não se conhecerem essas *Memórias* de Neves Costa, que foram consideradas de menor interesse por quem as adquiriu, mas onde deixou relatados os seus primeiros trabalhos cartográficos.

A carta do Alentejo que na altura construiu e desenhou, datada de 1803, e a memória que a acompanhava, feita no ano seguinte, ficaram, com outros trabalhos, em poder de Rosière. Passaram provavelmente, em 1808, para as mãos de Vincent<sup>2</sup>, aquando da 1ª invasão francesa, e depois foram enviadas para Paris. Dos muitos documentos enviados por Vincent para França, entre os quais incluiu também trabalhos feitos por ele próprio e outros encontrados em diversos serviços do País, a maioria é de portugueses ou de estrangeiros ao serviço de Portugal (sobretudo os elaborados até 1808, enquanto deste ano até 1811 há também os da autoria de engenheiros

1 – Emigrante francês que foi convidado a trabalhar em Portugal, como muitos outros militares estrangeiros que vieram colmatar as nossas falhas e que aqui ocuparam posições de destaque. No País esteve de 1797 até morrer, em 1808. A confiança que o Governo português nele depositava, levou a nomeá-lo, em 1801, comandante do Exército das províncias de além-Douro e, depois, inspector-geral das fronteiras e costas. De notar que foram numerosos os engenheiros estrangeiros que exerceram a sua actividade em Portugal neste período, em particular desde a década de 80 do século XVIII até ao início do século seguinte (A. P. Vicente, 1971, 2000; C. Ayres de Magalhães Sepulveda, 1911-1930, em particular vol. IX e XIV).

2 – Na extensa lista de documentos remetidos por Rosière a Vincent, em Janeiro de 1808, são indicadas uma carta topográfica e uma memória de parte da Província do Alentejo, sem outras especificações (ver transcrição da lista em A. P. Vicente, 1971-1983, vol. III, 1983, p. 68-75).

franceses). Certamente, eles serviram para preparar as invasões francesas seguintes.

Dos trabalhos enviados, hoje guardados no conhecido Arquivo de Vincennes, só uma parte se conseguiu encontrar e foi publicada por A. P. Vicente (1971, 1971-1983), abrangendo os períodos de 1762-1796 e 1799-1811. Da maioria das cartas, que deve ter sido separada das memórias e reconhecimentos onde são citadas, não há vestígios. Explicar-se-á talvez assim o desaparecimento da carta original de Neves Costa, já que as longas *Memórias descritivas e militares do terreno de huma parte da fronteira da Provincia do Alentejo*<sup>3</sup> felizmente estão naquele Arquivo e foram entretanto divulgadas (A. P. Vicente, 1971-1983, vol. II, 1972, p. 53-162). Aí existe também uma tradução em francês, como acontece, aliás, com outros trabalhos escritos originalmente em português, mostrando o interesse que devem ter despertado.

Abrangendo os lugares e os termos de Montalvão, Póvoa, Alpalhão, Castelo de Vide, Marvão, Alegrete e Portalegre, que as *Memórias* descrevem com pormenor, divide-se o trabalho de Neves Costa em quatro partes: descrição civil, militar e económica; comunicações; rios e ribeiras; serras e montanhas. Esta interessante e importante descrição geográfica ou “(...) estas Memórias, e a Carta Militar que as acompanha, contem os dados do Terreno, que podem ser necessários para a solução dos diferentes Problemas da defesa desta parte da Provincia



CARTA MILITAR  
DE HUMA PARTE DA FRONTIEIRA DO ALENTEJO  
ENTRE O TETO E A VILLA DE ASSUMAR

Figura 1 – Extractos da carta da fronteira do Alentejo de 1819, reconstruída por Neves Costa a partir das notas do levantamento original de 1803, cuja carta se “extraviou” na mão dos franceses.

do Alentejo (...)”. A sua “falta de pratica em semelhantes trabalhos”, como refere na introdução, não a podemos, portanto, verificar na íntegra.

Extraviada a carta, que foi atribuída à morte de Rosière, ocorrida umas semanas depois da entrega dos documentos a Vincent, Neves Costa seria encarregado de a refazer e a nova versão reconstituída sem o autor recorrer de novo ao trabalho de campo, devido ao método que utilizara no levantamento original. Neves Costa explicaria este método, em 1824, no seu *Ensaio sobre a theoria do relêvo dos terrenos*, da seguinte forma: “Quando em nossos primeiros trabalhos topographicos, nos vimos embaraçados pelas illusões opticas

3 – / formadas / No Anno de 1804 em consequencia do Reconhecimento Militar Feito no anno precedente, segundo as Instrucçoens / do Exmo Snr. Tenente Gen. al e Inspector Geral das Fronteiras / Marquês de la Rosière / por / Joze Maria das Neves Costa / Official que foi do Real Corpo d'Engenheiros, Ex-Ajudante d'Ordens, actualmente Capitão d'Infantaria aggregado à Primeira Plana da Corte, e empregado na 1.ª Divisão do Estado Maior da Inspeção das Fronteiras / Acompanhadas / de huma carta topographica-militar construída e desenhada pelo mesmo official.

dos terrenos irregulares, que nos faziam sentir, a cada passo, grandes dificuldades na sua exacta representação, procurámos evita-las, empregando um methodo, pelo qual prescindiamos no terreno de tudo quanto era desenho, substituindo este por uma descrição verbal, que nos obrigava a notar, não só as fórmas principaes, mas todos os variados e miudos accidentes dos terrenos, e suas relações de ligamento. Este methodo, que abreviava consideravelmente os trabalhos de campo, nos promettia, no gabinete comparar entre si os resultados das sobreditas descrições verbaes, quando ellas se transformavam na competente configuração pelo desenho (...). Mais tarde, em 1841, num trabalho que ficou manuscrito e do qual falaremos a seguir, retomaria o mesmo assunto: ao discutir os métodos que se deveriam utilizar nos levantamentos topográficos militares, defendeu, a par de trabalhos trigonométricos rápidos e expeditos (mais do que nos levantamentos civis de idêntica natureza) embora rigorosos, o recurso aos métodos itinerários, em que os terrenos são descritos à vista, ao longo de cada percurso, substituindo-se o desenho efectuado no campo por uma descrição verbal pormenorizada. Assim era possível reduzir o trabalho de campo, muito moroso, e livrar-se do “embaraço das ilusões ópticas”. Foi, afinal, o que fez neste seu primeiro trabalho no Alentejo e o que lhe permitiu reconstituir depois a carta extraviada, a partir das suas notas; fá-lo-ia também na carta dos terrenos a Norte de Lisboa e talvez na da Península de Setúbal.

A nova versão da carta da fronteira do Alentejo, de 1819, com três folhas manuscritas na escala de 1:50 000, está hoje arquivada na Direcção dos Serviços de Engenharia (ver extracto na fig. 1)<sup>4</sup>. Nunca esta imagem

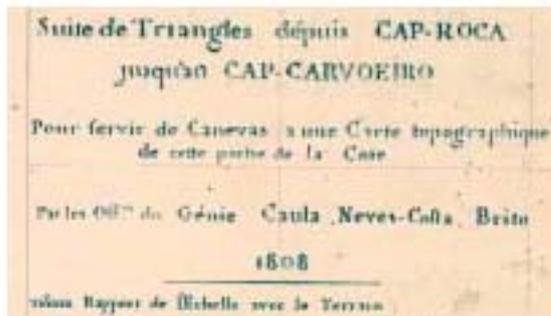
da autoria de Neves Costa foi, do nosso conhecimento, reproduzida em qualquer estudo ou catálogo. Mas o seu autor merecia que ela, bem como outras representações nacionais saídas das suas mãos, fossem divulgadas.

## Os trabalhos na região de Lisboa

Nos princípios de 1808, Neves Costa procedia a levantamentos na região de Lisboa, a pedido do então coronel do “Corps du Génie” Vincent, que comandava o pequeno corpo de engenheiros franceses que acompanhou Junot a Portugal. Chegado à capital e preocupado com a sua defesa, Vincent multiplicou-se em trabalhos, que, desde os finais de 1807, se estenderam por cerca de 9 meses, recolhendo informações ou mandando-as recolher e servindo-se naturalmente também do que aqui existia feito. Assim se explica a ordem dada ao Marquês de Rosière para ser fornecido urgentemente a Vincent o conjunto de cartas e memórias que tinha em seu poder, onde se acabaria por incluir o trabalho de Neves Costa sobre o Alentejo.

Tendo Vincent consciência de que com o pequeno número de engenheiros franceses não poderia efectuar todos os trabalhos de reconhecimento necessários, em tão curto período de tempo, tentou aproximar-se dos engenheiros portugueses mais talentosos. Certamente, por isso, escreveu a Carlos Frederico Bernardo de Caula, em Janeiro de 1808, pedindo-lhe que, sob sua direcção, se procedesse à triangulação e levantamento da área entre Lisboa e Peniche, em particular da costa a Norte do Cabo da Roca, com a ajuda de dois oficiais à sua escolha. Nessa carta referiu existirem já reconhecimentos da área compreendida entre a capital e o Cabo da

4 – À Direcção dos Serviços de Engenharia (DSE) agradecemos a cedência de alguns originais aqui reproduzidos. Ao Instituto Geográfico do Exército (IGeoE) devemos a amabilidade das reproduções, bem como o convite para deixarmos expresso nesta Revista uma síntese dos trabalhos que temos vindo a empreender sobre aspectos da Cartografia militar de Oitocentos, largamente desconhecida e cujo inventário e estudo é, por isso, urgente concretizar. Esta foi a razão que levou recentemente a DSE, o IGeoE e o Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa a submeter à Fundação para a Ciência e a Tecnologia um projecto de investigação, intitulado “Sistema de informação para documentação cartográfica: o espólio da engenharia militar portuguesa (SIDCarta)”, ainda em fase de avaliação.



**Figura 2** – Título da carta das triangulações da área entre o Cabo da Roca e o Cabo Carvoeiro, cujos trabalhos foram executados em 1808 por Carlos Frederico Bernardo de Caula, Neves Costa e Joaquim Modesto Xavier de Brito, a pedido de Brest.

Roca e ser Caula o mais habilitado, pelos seus conhecimentos no campo da Topografia, para levantar a parte em falta: "personne ne peut plus que vous continuer les travaux commencés". Realmente, foram nomeados dois distintos engenheiros portugueses para trabalhar com Caula: Neves Costa e Xavier de Brito. E a ordem urgente para que procedessem à elaboração da carta topográfica veio do Secretário da Regência do Reino, considerando-a como fazendo parte do serviço do Arquivo Militar, onde todos exerciam as suas funções, pelo que se lhes abonou a deslocação dos instrumentos e a construção dos sinais e se forneceu meio de transporte para o trabalho de campo (curiosamente, cavalos de refugo das Cavalariças Reais que não serviam aos oficiais do Exército francês).

Destes trabalhos chegaram até nós dois documentos: um esboço das triangula-

ções, de 1808, cujo título se mostra na figura 2, e a carta topográfica, esta contendo a penas a indicação de ter sido feita por Neves Costa, de que reproduzimos um extracto na figura 3. Ambos os manuscritos são hoje pertença da Direcção dos Serviços de Engenharia.

Certamente relacionada com este levantamento está a memória, escrita com Caula e datada de Maio do mesmo ano, sobre parte da área em questão. Do pequeno manuscrito, com quatro páginas, intitulado *Descrição do terreno da Costa de Portugal comprehendido entre o Cabo da Roca, e a Villa da Ericeira, com varias observaçoens so-*



**Figura 3** – Extracto da carta topográfica da área entre o Cabo da Roca e o Cabo Carvoeiro, sem data e sem título, a que se reportam os trabalhos de triangulação referidos na figura anterior, feitos na mesma época por Neves Costa.

bre a sua defeza contra hum ataque marítimo, parece deduzir-se, pelo final da descrição, estarem Caula e Neves Costa a efectuar as triangulações tendo em vista a “Carta Topográfica da Costa”, uma referência provável ao trabalho pedido por Vincent. Da pequena carta itinerária, que deveria acompanhar esta memória (onde é referida), e que serviria para dar uma ideia aproximada da forma e configuração do terreno em causa, não parece haver hoje qualquer rasto. Terá sido dela a cópia enviada por Neves Costa ao Conde da Feira, Secretário da Regência, quando lhe escreveu a mostrar a necessidade de levantar a carta da região a Norte de Lisboa, como exemplo do que seria capaz de fazer por processos expeditos?

O nome de Neves Costa ficaria para sempre associado, sobretudo por circunstâncias infelizes, ao levantamento da carta da região de Lisboa. Foi esta carta, acompanhada de uma memória, que, proposta ao Governo português e levantada em três meses (dos finais de 1808 ao começo de 1809), teria levado à construção das posições fortificadas das Linhas de Torres, feita sob direcção de Wellington, e à expulsão dos franceses. A polémica que desde logo se instalou a propósito da autoria da ideia original destas Linhas, cuja glória os ingleses sempre pretenderam para si, acabou por trazer graves dissabores a Neves Costa: ao exigir uma recompensa a que se sentia com direito e ao defender, até publicamente, a originalidade do trabalho (veja-se, por exemplo, a sua *Exposição*, de 1822), veria nesta altura terminada a prosperidade da sua carreira militar. Mas esta não foi com certeza a única razão: os trabalhos anteriores, feitos sob as ordens dos oficiais franceses, e as lutas que se iriam seguir, opondo liberais e absolutistas, também podem ter contribuído para despoletar ódios, fáceis sempre que está em causa a ascensão na carreira profes-

sional e em que inúmeras vezes a competência deixa de ser relevante.

Há quem reconheça semelhanças da memória de Neves Costa com a que Vincent escrevera antes, menos detalhada (Vieira Ribeiro, 1911). Supõe-se que este engenheiro francês frequentasse assiduamente o Arquivo Militar, onde Neves Costa trabalhava na época, e daí admitir-se que lhe desse a perceber as suas ideias sobre o sistema de defesa de Lisboa. Talvez Vincent pensasse, como alguns adiantam, mandar levantar a carta da região de Lisboa, como prolongamento natural do outro trabalho e por não haver uma já construída que desempenhasse a função pretendida, mas terá sido por iniciativa e insistência de Neves Costa junto do Governo português que o projecto se concretizaria.

Seja qual for a importância que o trabalho de Neves Costa tenha tido para o desfecho dos acontecimentos políticos da época, a verdade é que, do ponto de vista estritamente cartográfico, analisando hoje o que até nós chegou da actividade deste ilustre engenheiro militar, a carta da região de Lisboa é relativamente modesta, quando a comparamos com outras deste período e até com outras feitas por ele. Mas da modéstia do trabalho fala o seu próprio autor, explicando-o em grande parte pelo tempo reduzido em que foi feito, dada a urgência, e pelos meios postos à sua disposição, para já não falar das interrupções a que esteve sujeito. Dos quatro oficiais indigitados inicialmente, algum tempo depois só ficou a trabalhar Neves Costa, a quem se deve o reconhecimento dos terrenos e a construção e desenho dos detalhes topográficos; mesmo Carlos Frederico de Caula, que fez a maior parte da triangulação, seria afastado para outras actividades. Depois, já no Arquivo Militar, ao esboço, concluído em 1809<sup>5</sup>, adicionavam-se algumas outras informações. Assim terá nascido a versão mais conhecida da carta

5 – A representação originalmente construída, em 1809, deverá ser um esboço, hoje arquivado na Direcção dos Serviços de Engenharia, da carta itinerária militar que contém a topografia do terreno de uma parte da Província da Estremadura que serviria enquanto se não desenhasse aquela que, em maior escala, exprimisse mais perfeitamente a dita topografia, conforme nele se refere. Neste arquivo existem ainda seis cópias manuscritas da versão de 1811, com pequenas diferenças no desenho.

(fig. 4), oferecida em 1811 a Beresford, na sua qualidade de comandante em chefe do Exército português.

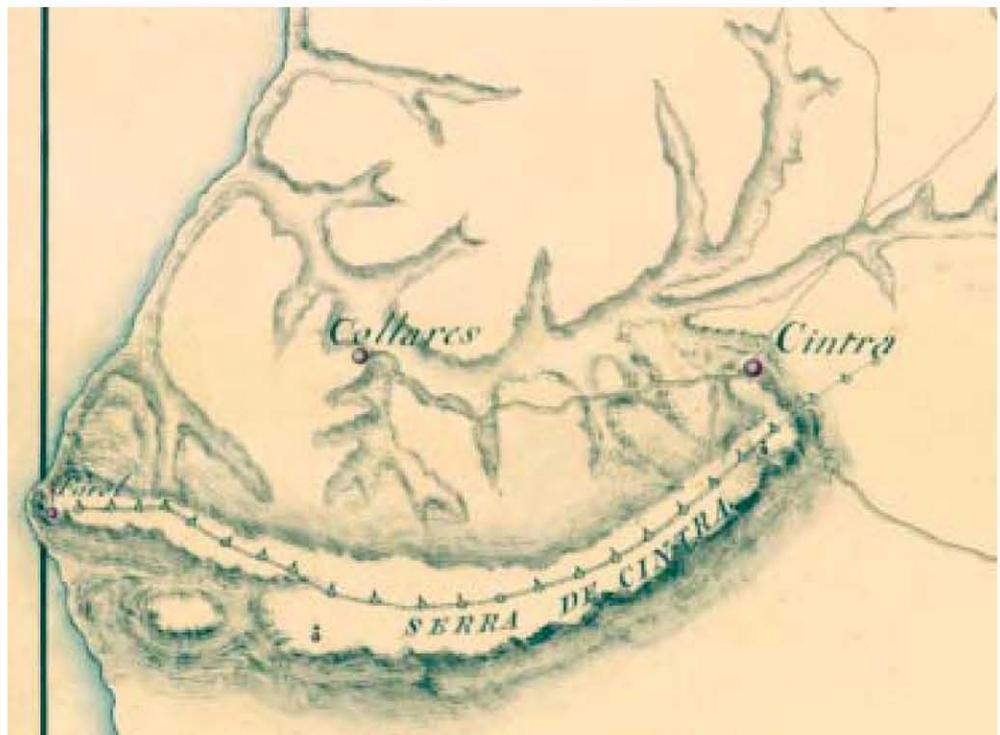
A carta de 1811 foi impressa em Paris, muito tempo depois (1888), para acompanhar a segunda versão da memória, que retomando a anterior de 1809 o autor acrescentou, em 1814, com notas, que comparam as posições que apontara antes com as fortificadas depois pelos ingleses, sob as ordens de Wellington. Mas, no espírito de Neves Costa sempre esteve a ideia, por várias vezes expressa, de que era necessário não só prolongar a carta até Peniche e Santarém como dar-lhe mais detalhe e maior escala. Mas três décadas decorridas após este levantamento e pouco tempo antes de morrer, Neves Costa continuava a lastimar-se que nada tivesse sido feito. Na realidade, a carta da região a Norte de Lisboa, pelo menos na versão oferecida a Beresford, representa, para além de um conjunto vasto de lugares referenciados na memória e das principais ligações por estrada entre eles, uma informação relevante, mas pobre, sobre o relevo. Assim, entre a Serra de Sintra, a Sul, e a de Montejunto, a Norte, destaca-se um denso conjunto de rebordos que configuram os vales de ribeiras, não materializadas, que ou descem directamente para o mar ou desaguam no Rio Tejo, ficando os interflúvios despidos de formas. Todavia, sabendo-se como era lastimada a falta de boas cartas, mesmo do conjunto do País, podemos hoje imaginar quão útil terá sido esta primeira representação da Península de Lisboa. Só na década de 50, quando se levantaram as primeiras folhas da carta corográfica 1:100 000 sob a direcção de Filipe Folque, se conseguiria finalmente uma outra imagem, mais rigorosa,

da área envolvente da capital.

Aos trabalhos da parte norte de Lisboa seguir-se-iam os da área situada imediatamente a Sul. Logo nos primeiros dias de 1813, foi pedido a Neves Costa, por ordem do comandante do Exército português, que procedesse ao levantamento da carta da Península de Setúbal, dado dela existirem apenas pequenos trechos cobertos. Desejava-se que a carta incluísse passagens, caminhos, ribeiras, obstáculos "...e tudo o mais concernente á deffeza militar, declarando o tempo que cada hum dos obstaculos poderá demorar o inimigo antes que o vença" e ainda "declarar os Lugares a que chega a maré, e quantas horas em cada dia embaração a sua passagem". Pela troca de correspondência havida nessa altura, a propósito do assunto (transcrita por C. Ayres de Magalhães Sepulveda, vol. VIII, 1919, p. 249-251), percebe-se que se havia feito uma redução para a mesma escala das cartas topográficas parcelares existentes no Arquivo Militar, com vista à Carta Geral do Reino, abrangendo a mesma área que Neves Costa acabaria por levantar: do Rio das Enguas à Trafaria e ao Cabo Espichel e daqui

CARTA MILITAR  
DE SERRA DE MONTEJUNTO  
E CARTA TOPOGRÁFICA, ANEXADA PARTE  
DE PROVINCIA DA ESTREMEIRA.  
SENTEIRO A LISBOA.

Figura 4 – Extractos da carta dos terrenos a Norte de Lisboa, na versão oferecida em 1811 a Beresford.



até à Ribeira da Marateca. Por isso, se ordenou na altura que Neves Costa fosse para o campo munido de uma cópia da referida carta, fazendo nela as emendas e acrescentos que julgasse necessários, e que à carta acrescentasse uma memória descritiva. E dado que Marino Miguel Franzini havia elaborado o plano do porto de Lisboa, que incluía a costa da Outra Banda até para além de Alcochete (a carta geral da costa portuguesa e os planos parcelares de alguns portos foram impressos, em Londres, em 1811), determinou-se que este acompanhasse Neves Costa.

Os trabalhos demorariam três anos (1813-1815, trabalho de campo; 1816, desenho) e, nesse período de tempo, Neves Costa teve a ajudá-lo, por curtos intervalos e só nas operações de prancheta, alguns outros oficiais: Franzini (8 meses, 1813), Luís António de Melo (6 meses, 1813-1814), João Damasceno da Cunha (14 meses, 1814-1815) e Francisco d'Assis Blanc (8 meses, 1814-1815), perfazendo no total 2,5 anos, durante os quais dois deles trabalharam em conjunto 9 meses. De resto, grande parte da triangulação, o reconhecimento militar, a configuração dos terrenos e o desenho estiveram somente a cargo de Neves Costa. O tempo mais longo que esta carta levou a construir ficaria-se a dever, segundo o seu autor, ao facto de ele ter sido obrigado a fazer os dois trabalhos: o trigonométrico e da prancheta, por uma lado, e o itinerário-topográfico, por outro. Da preparação desta carta, a Direcção dos Serviços de Engenharia guarda algumas dezenas de esboços dos levantamentos no campo, muitos deles sem indicação da autoria ou, mesmo, alguns sem qualquer outra indicação, incluindo as

plantas dos castelos de Almada e Sesimbra e da praça de Setúbal. Acrescem ainda três esboços das triangulações, um dos quais, com a assinatura de Neves Costa, respeitante aos trabalhos feitos em diversas épocas e até 1815.

Copiada no Arquivo Militar, na escala aproximada de 1:30 000, a *Carta topographica militar do terreno da Peninsula de Setubal* é o exemplo das modernas cartas deste tipo: a informação expressa e o seu detalhe, bem como o rigor da representação, fornecem uma imagem perfeita do que já era possível fazer-se em Portugal nos princípios de Oitocentos. Nela figuram, para além de um denso conjunto de lugares e vias de comunicação, a rede hidrográfica e o relevo. Este é representado na versão original, manuscrita, por sombreados muito sugestivos e, embora sem altitudes, exprimem-se já claramente as principais formas de relevo. Acresce ainda um importante conjunto de informações sobre o uso do solo, como as extensas manchas de pinhal, a

Figura 5 – Extracto do manuscrito original da carta da Península de Setúbal (1813-1816) e da versão impressa,



fragmentação dos campos cultivados, associados às parcelas com vinha e aos pomares, e até os moinhos de vento e de maré ou as numerosas “cilhas”, onde se colocavam as colmeias. Do nosso ponto de vista, é a melhor das cartas executadas por Neves Costa.

Do original a cores far-se-ia, quase meio século depois (1861), a impressão. Ela seria a primeira carta gravada por portugueses, discípulos de João Lewicki, o polaco que esteve em Portugal no momento da instituição da litografia nos recém-criados serviços geodésicos, mas divulgada a preto e branco, tendo-se substituído a representação do relevo através de sombreados por normais. A aparência da carta mudaria por completo e algumas áreas as diferenças entre o original e a versão gravada são mesmo relevantes (fig. 5). A tardia difusão da carta prova bem o interesse que continuava a ter, volvido esse tempo; sobre ela, a Comissão Geológica, dirigida com autonomia nos serviços geodésicos por

Carlos Ribeiro, fez os primeiros levantamentos geológicos detalhados logo no mesmo ano em que foi impressa.

À carta original seguir-se-ia a redacção da memória correspondente (1816), um complemento nesta altura considerado indispensável para que fosse bem concebida e útil. No entanto, esta ficaria manuscrita e mais ignorada do que a imagem que lhe está subjacente. Aí se traça uma sucinta e interessante descrição geográfica, indicando-se os traços físicos e humanos mais relevantes da área, bem como se referem aspectos com interesse militar, relacionados com a defesa da Península e, portanto, também com a capital do País.

## Outros trabalhos com interesse cartográfico

Não pretendemos analisar aqui exaustivamente as actividades de Neves Costa, relacionadas ou não com a sua profissão de engenheiro, mesmo no campo da Cartografia militar<sup>6</sup>. Destacaremos apenas algumas, pela sua relevância.

Entre elas está o último trabalho que Neves Costa realizou, já reformado “sem o haver pedido”, como refere no frontespício das suas *Considerações militares tendentes a mostrar quais serão no território portuguez os terrenos cuja topographia ainda falta conhecer para servir de base a um*

6 – Em *Historia organica e politica do Exército português* de Ayres de Magalhães Sepulveda (1911-1930), em particular nos volumes V e VIII, que são alguns dos dedicados aos engenheiros portugueses, encontra-se uma longa descrição sobre a vida e obra de Neves Costa, que uma investigação aprofundada ajudará um dia a reescrever.

o e branco, pelos serviços geodésicos em 1861. Notem-se as diferenças devidas à expressão do relevo.



*systema defensivo do Reino, que seja conforme com a sua natureza geographica e com os principios geraes da sciencia da guerra* (1841). Estas *Considerações*, escritas pouco tempo antes de morrer, seriam a resposta ao pedido que lhe fora feito pelo Governo em 1837: examinar os documentos topográficos existentes no Arquivo Militar e propor os que fossem ainda necessários a um plano de defesa do País. Este Arquivo, que Neves Costa bem conhecia porque nele trabalhara por diversas vezes, fora criado em 1802 e colocado na dependência do comando do Corpo de Engenheiros, quando este foi provisoriamente regulamentado 10 anos depois. Aí eram guardados os documentos e instrumentos relativos àquele Corpo, mas eram também executadas e copiadas cartas e memórias.

Organizada em 20 capítulos, esta memória é essencialmente uma exposição das necessidades do conhecimento topográfico das áreas mais sujeitas a invasões, dirigidas em direcção a Lisboa e ao Porto, e também da costa portuguesa. Os três capítulos finais, de grande interesse para a História da Cartografia na primeira metade de Oitocentos, são de reflexão sobre a Topografia militar e o modo de a melhorar. Neles, Neves Costa propôs a organização destes trabalhos numa Repartição de Topografia Militar, à semelhança do famoso Depósito de Guerra francês, cuja organização e objectivos discute. Propôs ainda a introdução de normas que uniformizassem quer os levantamentos quer o desenho das cartas.

Ao longo de quase uma centena e meia de páginas manuscritas, Neves Costa salientaria constantemente a situação de abandono da Cartografia topográfica militar, resultante em parte da falta de oficiais portugueses preparados e do pouco estímulo que lhes era dado, por não conseguirem ascender aos postos superiores da hierarquia militar. Não é de estranhar, por isso, haver poucos documentos topográficos na altura, devendo-se estes geralmente às ordens dos militares estrangeiros ao serviço do País e raramente às autoridades

nacionais. Neves Costa referiu os limites dos seus próprios trabalhos; dos restantes, fez sobressair o muito que ainda faltava: levantamentos na Beira Interior; cartas pormenorizadas no Minho e conhecimento das formas do terreno em Trás-os-Montes, a região portuguesa menos representada; indicações precisas, particularmente do relevo, nas cartas existentes do Algarve.

Para acompanhar as *Considerações*, preparou uma *Minuta de huma carta do Reino de Portugal redigida segundo outras existentes com o fim especial de fazer ver nhum lanço de vista a mutua situação relativa dos seus principaes rios e montanhas e servir assim á intelligencia de huma memoria em que se expõem varias consideraçõens militares tendentes a investigar quaes sejam as respectivas localidades parciaes cuja topographia mais se precisa conhecer a fim de illucidar a escolha e adopção do plano que mais possa convir para a defesa geral do dito Reino*, 1840, na escala aproximada de 1:500 000. Uma cópia manuscrita desta carta, feita em 1866 no Arquivo Militar, encontra-se hoje no Arquivo Histórico Militar; outra, sem qualquer indicação, existe na Mapoteca do Instituto Português de Cartografia e Cadastro e na Direcção dos Serviços de Engenharia.

Esta carta não pode ser vista, no entanto, como as anteriores, dado tratar-se da ilustração de um trabalho, em que o autor pretendia dar uma ideia clara das principais montanhas e rios, como base para a discussão do assunto central da memória. Viu-se, portanto, obrigado a preparar rapidamente uma carta do conjunto do País a partir dos documentos existentes, tendo por base a do espanhol Tomás Lopez, que era muito utilizada por estar impressa, apesar dos erros e inexactidões que todos lhe apontavam. E, por isso, disse: "(...) no principio de uma guerra qualquer vêmos que se reconhece a necessidade de cartas topographicas do nosso territorio, as quaes faltando pela maior parte, se procurarão então com empenho as geographicas redigidas por Estrangeiros; não obstante conhecerem-

-se mui bem as suas inexactidões e erros; e he uma destas Cartas arranjada por hum Portuguez, que serve da Carta Itineraria para regular as marchas das nossas tropas, e talvez que algumas vezes, para projectar, ou dirigir as nossas operações de guerra!". Neves Costa criticava certamente Lourenço Homem da Cunha d'Eça e a sua *Carta Militar das Principaes Estradas de Portugal*, de 1808, referindo-a também como a "carta Estrangeira com título Portuguez", que teria sido "arranjada" a partir da carta espanhola de Tomás Lopez. Mas na sua *Minuta* propôs uma nova imagem das principais formas do relevo português, sombreando-as de forma sugestiva e aproximando a representação da realidade, mais do que nas cartas até então realizadas.

Em conclusão, o quadro da Cartografia portuguesa traçado neste trabalho dos anos 40 é claramente sombrio: desorganização das actividades cartográficas militares e, relacionado com ela, a falta de cartas topográficas. Por não existirem também cartas itinerárias do País, para a deslocação das tropas, Neves Costa foi encarregado de propor normas para a sua rápida execução. Mantém-se também inédito esse trabalho, datado de 1840: *Observaçãoes e Advertencias para se proceder com a maior igualdade, e uniformidade possiveis, aos Itinerarios parciaes que tem de ser feitos em diferentes partes do territorio Portuguez por diversos Officiaes, para servirem depois á redação da Carta Itineraria Geral do Reino*. Consta de 29 regras, numeradas, sobre o que devia ser feito nos itinerários das estradas, com um exemplo (quadro I).

As anotações destes itinerários supunham-se escritas pelo oficial a cavalo, sem parar, sendo ele acompanhado por um guia ou "practico do terreno", constando de todas as indicações indispensáveis para dar uma ideia do percurso e do espaço envolvente, para um e outro lado da estrada ou caminho. Registavam-se as horas a que se encontravam cruzamentos ou se atravessavam rios, em que se começava a seguir uma montanha e em que se terminava, bem como se descreviam

todas as características relevantes: se o terreno "(...) he pela maior parte cultivado e povoado, ou inculto e deserto; se he plano, ou de elevaçãoes achatadas; ou monticulado, isto he de Cabeços ou elevaçãoes mais altas; se he montanhoso; se he apertado (expressão pela qual se entenderá ser de tal sorte irregular, que obrigue a tropa que por ali transite a desfilar frequentes vezes); se he de charneca, ou arenôzo; se contem ou não arvores raleadas; ou algum Bosque ou Mata cerrada que possa facilitar embuscadas", etc.

Desconhecemos a utilização de tais regras mas elas parecem indiciar os métodos "expeditos", por várias vezes referidos por Neves Costa e utilizados nos seus reconhecimentos itinerário-topográficos. Também desconhecemos se existiram regras complementares, que permitissem aos oficiais, partindo destas descrições, construir a carta correspondente.

## O relevo: um tema deste período, caro a Neves Costa

O conhecimento e a imagem do relevo era imprescindível para os militares desta época, permitindo-lhes estabelecer planos fundamentados de ataque e defesa do território, definindo lugares naturalmente fortes e a movimentação das tropas. Mas a sua representação rigorosa não era ainda possível. As modernas curvas de nível só foram formalmente introduzidas nas cartas portuguesas em 1861 e experimentadas a partir da quarta folha publicada da *Carta Corográfica* (ou *Carta Geral do Reino*) 1:100 000, regularmente produzida a partir de meados de Oitocentos pelos serviços geodésicos dirigidos por Filipe Folque. O desconhecimento da História da moderna Cartografia militar nacional não permite ainda dizer de quando datam as primeiras tentativas feitas neste campo. Embora, do ponto de vista metodológico, se traçassem curvas de nível desde o começo do século XIX, este método só mais tarde se generalizaria (F. de Dainville, 1986). A este assunto

Horas	minutos		
8..	...6	....	Marcha da Villa de ... por (//); o terreno geralmente plano e cultivado; á direita a 600 Braças, elle se eleva e forma Cabeços soltos, - arvores dispersas.
		22	
	28	....	Atravesso corrente (ou regueira) seca, mas no Inverno difficil de passar.
		6	
	34.....	....	Sobe-se ladeira forte.
		6	
	40.....	A	N.B. A villa de... fica á esquerda, a 200 Braças, - terreno monticulado, e pouco cultivado.
9 <sup>h</sup> .....	...2...	M	
		7	
	...9...	.....	Acaba a ladeira forte, continua-se a subir
		16	
	..25...	....	Chego ao alto - terreno plano, - Bosque á direita a 50 Braças
		7	
	..32...	....	Vai á direita sobre a frente (//) para a Villa de....Charneca arenosa.
		8	
	..40...	.....	Conta-se huma legua de Caminho; acaba o Bosque da direita, - vai á esquerda (/) para a Villa de...
		25	
10 <sup>h</sup> ...	.. 5...	.....	Descida branda, - terreno inculto, - principia á direita a 300 Braças a pequena serra de ... paralela
		25	
	30...	.....	Descida forte em voltas - depois ladeira forte.
		8	
	38...	.....	Chego a Valle cultivado, e vai para esquerda (/) frequentado.
		5	
	43...	.....	Atravesso Ribeiro de ... que vai para a esquerda - Ponte (//) de pedra.
		5	
	48...	.....	Subida branda, - Cultura - despida de arvores
		6	
	54.....	.....	Entro n'Aldea de ... Cazas pequenas e pobres, (abundante d'aguas).
		2	
	56...	.....	Acabão as Cazas da Aldea supra.
		24	
11 <sup>h</sup>	20...	....	Atravesso (//) que vem da Cidade de ... que fica a 1 legua á esquerda, e vai para a Villa de ... ± a 600 Braças á direita

(As letras A e M indicam as horas em que se suspende e se reinicia a marcha; (//), estradas reais ou carreiteiras que servem cidades; (/), outra carreiteira; (/), estradas de ferradura; verd, vereda ou caminho de pé posto; etc.)

**Quadro 1 – Exemplo apresentado, em 1840, por Neves Costa do que deveria ser feito pelos officiais nos itinerários parciais, com vista à Carta Itinerária Geral de Portugal.**

se referiu Neves Costa, em 1824, no seu *Ensaio sobre a theoria do relêvo dos terrenos*, dizendo não ser fácil, ainda que fosse possível, “conhecer as dimensões da altura particular” de cada um dos diferentes relevos. Regulavam-se então os militares apenas pela ideia da grandeza relativa e a expressão da multiplicidade de formas, feita no campo e à vista, levantava também ela inúmeras dificuldades, ligadas não só ao desenho como à descrição do que se observava, por falta até de compreensão dos princípios gerais que regulavam e justificavam a diversidade e o aparente caos da repartição das formas à superfície da Terra.

Este assunto era de tal forma importante, mas complexo, que Neves Costa tentou estabelecer, baseando-se provavelmente nos trabalhos franceses desenvolvidos no Depósito de Guerra que ele conhecia e sobretudo na sua própria experiência de campo, uma teoria sobre a organização do relevo terrestre. Começou a delinear o seu *Ensaio*, a título particular, na década de 1810, quando preparava indicações para a uniformização das escalas dos levantamentos militares portugueses a partir do *Mémorial Topographique* francês, mas só o concluiria passados 10 anos; na posse dos herdeiros, o manuscrito seria mais tarde comprado pelo Governo português e publicado (1849-1851), o que parece indiciar ter sido desconhecido até meados de Oitocentos. Esse trabalho divide-se em três partes: formas gerais dos terrenos, modos de as designar e de exprimir as suas relações, especialmente no sentido horizontal; modificações das formas no sentido vertical e suas designações; dedução do relevo a partir do traçado dos cursos de água nas cartas “geográficas”.

Sobre a expressão do relevo, eram então utilizadas nas cartas portuguesas aguadas (de Nanquim ou de cor) e uma imitação da gravura esfumada (com traços feitos à pena ou com pincel, simples ou aberto), enquanto as

“hachures” ou normais<sup>7</sup> eram raras, pela morosidade do processo de desenho e pela falta de artistas, capazes de as executarem. Por isso, Neves Costa propôs que se utilizassem dois sistemas de desenho diferentes: o desenho-minuta, onde rapidamente as formas fossem expressas por um colorido ligeiro e sinais adequados; e o desenho a limpo, feito por quem fosse hábil nesses trabalhos, em que, partindo do anterior, se empregaria um sistema mais adequado, de preferência o “desenho penejado” ou “por linhas da queda das águas”, ou seja, as normais. Neste último caso e para os terrenos montanhosos, sugeriu o desenho a lápis (em vez da tinta de Nanquim, que levaria mais tempo), retocado por sombreados e fixado por aguadas; para suavizar os traços das normais, que constituíam o essencial da representação do relevo, e para realçar as diferentes formas, propôs que aos traços se sobrepusessem aguadas de cor: verde (para vales largos e cultivados), branco do papel (para as planícies altas), anil (para o lado obscuro das encostas) e Nanquim (para retoque das sombras gerais do desenho).

Se defendeu as normais e os sombreados como técnicas de representação do relevo, rejeitou, por considerar “contra natural”, aquela que era feita por “cortes ou secções de planos horizontais imaginados através deles”, por exigir “conhecimentos de Geographia Phisica que nos mostra a ligação natural que tem entre si todas as diferentes partes de hum terreno qualquer” (1841). Quer na sua obra sobre a teoria do relevo de 1824, quer nas considerações militares de 1841, atrás referidas, encontram-se detalhadas as suas propostas sobre este assunto.

Enfim, o perfil deste engenheiro português é, antes de tudo, o do técnico competente: atravessando as difíceis vicissitudes políticas desta época e embora por elas penalizado, era muito provavelmente um homem indispensável. Por isso, conseguiu manter-se em funções e ser mesmo nomeado para algumas

7 – Esta técnica, que havia sido sistematizada em finais do século XVIII, era frequentemente utilizada pelos militares estrangeiros, nomeadamente os franceses, que a aplicaram de forma muito expressiva.

relevantes, até o reformarem compulsivamente em 1837. Se a doença o foi impossibilitando para o trabalho de campo, não o impediu de, no gabinete, ir registando as suas ideias. Como homem culto que também era, traduziu obras, contestou opiniões... Em suma, legou-nos testemunhos valiosos para a História deste período.

## Remate

Nos começos de Oitocentos, quando Neves Costa principiou as actividades profissionais, era deplorável a situação dos trabalhos cartográficos. É certo que os militares estrangeiros haviam trazido algumas iniciativas e conhecimentos a um país depauperado e desorganizado. Mas tem-se defendido que Portugal perdeu mais do que ganhou com as sucessivas levadas de mercenários, que rapidamente ascendiam na hierarquia militar e ganhavam “soldo dobrado”, por vezes para além do seu período de permanência em território nacional (A. P. Vicente, 2000, p. 72-73). Com Lippe<sup>8</sup>, que fora incumbido da reorganização do Exército português, vieram para o País, já entrada a segunda metade de Setecentos, vários engenheiros estrangeiros. E outros se seguiriam. Elaborando cartas, reconhecimentos e memórias, sobre as condições gerais do território e das regiões fronteiriças em particular, ou reconstruindo fortificações e planeando estradas, etc., estes engenheiros, que ocupariam lugares de responsabilidade, ajudaram a valorizar o papel desta corporação no contexto nacional. Por isso também, acabariam por impulsionar as reformas do ensino da engenharia e a criação de um Corpo próprio: em 1772 é criado o cargo de engenheiro-mor; em 1779, a Academia Real de Marinha e a Aula de Desenho e Debuxo, no Porto; em 1790, a Academia Real de Fortificação, Artilharia e Desenho; em 1812, regulamenta-se o Real Corpo de Engenheiros, organizado em 1794

e já referido nos estatutos daquela Academia de Fortificação...

Com os conflitos deste período perderam-se, infelizmente, muitos documentos com interesse para a História da Cartografia portuguesa, como resultado das pilhagens de que foram alvo os nossos arquivos e serviços, que talvez valesse a pena tentar recuperar. Mas houve com certeza troca de experiências úteis, que um dia a investigação trará a lume. O estudo das actividades desenvolvidas por Neves Costa, num período importante de mudança da Cartografia mundial, é por isso mesmo exemplificadora das nossas capacidades de realização e das dificuldades de desenvolvimento.

A Cartografia militar portuguesa levaria ainda tempo a organizar-se adequadamente. A acalmia política e social, finalmente atingida em meados de Oitocentos, permitiu a estruturação dos serviços cartográficos civis, sob o impulso esclarecido de Filipe Folque. Mas os trabalhos militares parecem ter-se mantido em dificuldades até aos finais do século XIX, altura em que o Corpo do Estado-Maior começou a difusão regular da Carta dos Arredores de Lisboa, 1:20 000 (M. H. Dias, 1998, 2000). Na realidade, a preparação das primeiras séries cartográficas, ao exigir uma estrutura organizada e permanente, consolidaria as instituições produtoras. E aquela modesta carta militar, que no princípio do século XX se tentava alargar ao conjunto do País, sem sucesso, desembocaria, afinal, no ambicioso projecto da primeira cobertura detalhada do território nacional (1:25 000) e, naturalmente, na criação de uma organização sólida, que se imporá definitivamente a partir de 1932 – os Serviços Cartográficos do Exército, antecessores do actual Instituto Geográfico do Exército. Para tal, Neves Costa também contribuiu, pelo brilho dos seus trabalhos e com as suas propostas de reorganização e institucionalização dos trabalhos topográficos militares.

---

8 – O Conde de Lippe chegou a Portugal em 1762, tendo permanecido por períodos curtos, entre 1762 a 1764 e 1767 a 1768.

## Referências bibliográficas

- BERGARA, M. Moreira de (1849) - "Linhas de Torres-Vedras". *Revista Militar*, 4, Lisboa, p. 201-211.
- COSTA, José Maria das Neves (1811) - *Discurso em que se trata o elogio da Nação portuguesa; provas da superioridade do seu espirito, e caracter militar, relativamente aos outros povos da Península; comemoração das épocas em que o amor da independencia tem realçado o lustre, e gloria de suas proezas; e refutação de diversos argumentos allegados contra a possibilidade da defesa do Reino. Escrito e dedicado á Nação, e Exército portuguez, por hum official do Real Corpo de Engenheiros*. Imprensa Regia, Lisboa, 33 p.
- COSTA, José Maria das Neves (1822) - *Exposição dos factos pelos quaes se mostra ter sido portugueza a iniciativa do projecto proposto em geral para defeza de Lisboa, que precedeo, e continha as bases do projecto particular, posto depois em pratica no anno de 1810. Dirigida a sua magestade o Senhor D. João VI em Dezembro de 1821*. Imprensa Liberal, Lisboa, 50 p.
- COSTA, José Maria das Neves (1849-1851) - "Ensaio sobre a theoria do relêvo dos terrenos". *Revista Militar*, Lisboa, 1849, 1, p. 47-53; 2, p. 65-73; 7, p. 396-403; 8, p. 451-459; 10, p. 582-590; 11, p. 613-621; 1850, 1, p. 9-16; 7, p. 311-318; 9, p. 409-416; 10, p. 455-462; 1851, 1, p. 11-16.
- COSTA, José Maria das Neves (1852) - "Considerações militares sobre as montanhas de Castello de Vide, pelo Major J. M. das Neves Costa, em Outubro de 1817". *Revista Militar*, 4, Lisboa, p. 7-10.
- COSTA, José Maria das Neves (1888) - *Memoria militar respectiva ao terreno ao Norte de Lisboa*. Typ. e Stereotypia Moderna, Lisboa, 1888, 36 p. + mapa desdobr. (separata da *Revista das Sciencias Militares*, 1888)
- COSTA, José Maria das Neves (1914) - *Memorias para servirem á História da Campanha do Alemtejo no ano de 1801*. Imprensa da Universidade, Coimbra, 101 p. (separata do *Boletim da Acad. Ciências*, 2ª classe, 8)
- DAINVILLE, François de (1886) - "De la profondeur à l'altitude. Des origines marines de l'expression cartographique du relief terrestre par cotes et courbes de niveau". In: *La Cartographie reflet de l'Histoire*, Editions Slatkine, Genève, p. 441-457.
- DIAS, Maria Helena (1998) - "Os primórdios da moderna Cartografia militar em Portugal: uma história ainda por contar". *Revista da Faculdade de Letras de Lisboa*, 5ª série, 24, Lisboa, p. 49-80.
- DIAS, Maria Helena (2000) - "A Cartografia militar portuguesa no final do milénio: rupturas e continuidades". *Revista Militar*, 4, Lisboa, p. 297-323.
- DIAS, Maria Helena (2001) - "A imagem do espaço nacional e o papel da Cartografia militar portuguesa". *Revista Militar*, 1, Lisboa, p. 27-57.
- DIAS, Maria Helena; BOTELHO, Henrique Ferreira (coord.) (1998, 1ª ed.; 1999, 2ª ed.) - *Quatro séculos de imagens da Cartografia portuguesa / Four centuries of images from Portuguese Cartography*. Comissão Nacional de Geografia, Centro de Estudos Geográficos, Instituto Geográfico do Exército, Lisboa, LIV+71 p.
- DIAS, Maria Helena; RODRIGUES, Maria Luísa (no prelo) - "Imagens de ontem e de hoje: a Beira Interior e a Cartografia militar portuguesa". *Revista da Faculdade de Letras de Lisboa*.
- [DUMOURIEZ, General] (1775) - *L'État présent du Royaume de Portugal en l'année MDCCCLXVI*. François Grasset, Lausanne, 303 p. (2ª ed., Hamburgo, 1797)
- LOPES, João Luiz (1846) - *Memoria sobre o Corpo d'Engenharia em Portugal, e sobre a nova organização, de que carece, para os melhoramentos sociaes do Paiz (...)*. Imprensa Nacional, Lisboa, 46 p.
- MARQUES, Fernando Pereira (1999) - *Exército, mudança e modernização na primeira metade do século XIX*. Edições Cosmos, Instituto de Defesa Nacional, Lisboa, 419 p.
- PALMEIRIM, A. X. (1849) - "Inéditos militares portugueses". *Revista Militar*, 1, Lisboa, p. 36-46.
- RIBEIRO, Vieira (1911) - "Neves Costa e as Linhas de Torres Vedras". *Revista de Engenharia Militar*, Lisboa, 1, p. 5-26; 2, p. 49-59; 3, p. 109-124.
- SEPULVEDA, Chistovam Ayres de Magalhães (1911-1930) - *Historia organica e politica do Exercito português*. Imprensa da Universidade, Coimbra, 21 vol.
- VICENTE, António Pedro (1971) - "Memórias políticas, geográficas e militares de Portugal, 1762-1796". *Bol. do Arq. Hist. Militar*, 41, Lisboa, p. 11-298.
- VICENTE, António Pedro (1971-1983) - *Manuscritos do Arquivo Histórico de Vincennes referentes a Portugal*. Fundação Calouste Gulbenkian, Centro Cultural Português, Paris, 3 vol.
- VICENTE, António Pedro (2000) - *O tempo de Napoleão em Portugal. Estudos históricos*. Comissão Portuguesa de História Militar, Lisboa, 473 p.
- VITERBO, F. M. de Sousa (1899-1922) - *Diccionario historico e documental dos architectos, engenheiros e constructores portuguezes ou a serviço de Portugal*. Imprensa Nacional, Lisboa, 3 vol.

# Utilização do MapPublisher na produção de produtos cartográficos

José Manuel Ramos Rossa,  
*Tenente-Coronel Artº, Engº Geógrafo*  
José Manuel Sena Balsinhas,  
*Major Artº*

---

*Este artigo é uma versão modificada da comunicação "Utilização do MapPublisher na produção de produtos cartográficos", apresentada na conferência Internacional GeoSpatial World 2001, realizada em Atlanta, USA, entre 18-20 de Junho de 2001*

Desde 1996, após alguns estudos prévios e a caracterização duma metodologia eficiente de produção, o IGeoE, iniciou a produção sistemática de ortofotocartografia e ortoimagens coloridas. Esta novo ciclo de vida, obrigou à reformulação e definição das técnicas utilizadas para a produção e impressão dos documentos cartográficos.

A experiência acumulada, os desafios superados e os êxitos alcançados ao longo destes últimos quatro anos, estimularam os autores à apresentação deste artigo.

## 1. Referências históricas

Portugal é conhecido, além fronteiras, como sendo um país de marinheiros.

No espírito deste povo, conhecer o espaço físico em seu redor, constituiu-se, desde sempre, como uma necessidade de vital importância. Esta necessidade, impeliu Portugal para as descobertas marítimas, assim como, para a vanguarda da ciência cartográfica.

As tradições da actividade cartográfica portuguesa, remontam aos primórdios do século XV, mais concretamente em 1420, quando o Infante D. Henrique, contactou o mestre cartógrafo Jácome de Maiorca, para que os jovens cartógrafos se iniciassem na arte de fazer cartas de marear. Data de 1485, uma das mais antigas cartas conhecidas, atribuídas ao cartógrafo Pedro Reinel.

Os nossos cartógrafos, de então, são considerados os mais aptos, a fornecerem uma representação do mundo mais correcta.

O Instituto Geográfico do Exército, (IGeoE), é desde 01 de Julho de 1993, o herdeiro natural do espólio destas tradições cartográficas portuguesas.

## 2. Principais produtos cartográficos produzidos

O IGeoE, produz um leque variado de produtos cartográficos, dos quais destacáramos: Cartas Topográficas, nas escalas 1: 25 000,

1: 50 000 e 1: 250 000; Mapa de estradas escala 1 : 250 000, Cartas Itinerária 1 : 500 000, Ortofotos, Imagem Satélite e Anáglifos.

### 3. Metodologia

Pretendem os autores com este artigo sensibilizar os leitores para as potencialidades das metodologias utilizadas na cadeia de Produção cartográfica do IGeoE, nas seguintes vertentes:

- Integração do *Perl*, *Iplot* e *Mappublisher* com vista à produção de ficheiros *raster* para impressão em dispositivos de saída, sejam eles o *Mapsetter 6000* ou outro tipo de impressoras;
- Sistemas de gestão de cor;
- Técnicas de prova a cores;

### 4. Automatização dos processos: *Perl*, *Iplot*, *Mappublisher*

A introdução de mecanismos de controle de qualidade, assim como a procura de metodologias que conduzam à eficiência, constituem-se como grandes preocupações dos actuais teorias de gestão.

Nesta perspectiva, o IGeoE, procurou, desde sempre, desenvolver políticas de produção que conciliassem os vectores da “eficiência e qualidade”. A “eficiência” nesta perspectiva, traduz-se na concepção de metodologias, que pelo uso do *software* adequado permitam produzir os produtos cartográficos, com a qualidade pretendida no menor tempo possível.

Na procura desta “eficiência”, o IGeoE, adoptou na cadeia de produção cartográfica, soluções *Intergrah*. No caso específico do Departamento de Saída de Dados, foram adoptadas as soluções *Iplot* e *MapPublisher*, para a produção de ficheiros com vista à impressão em dispositivos de saída.

Para a automatização dos processos elaborados com base nas soluções *Iplot* e *MapPublisher*, foi adoptada a linguagem de programa-

ção *Perl*, para criar um programa que, para as várias séries, possibilita de forma automática, pela introdução do número da carta e a respectiva série, gerar a partir da informação vectorial ou vectorial e *raster*, os ficheiros *raster* com vista à impressão no *Mapsetter*, ou outro tipo de impressora.

A solução adoptada, garante uma reposta rápida, eficiente e oportuna, às solicitações para a impressão de qualquer documento cartográfico; diminui a probabilidade de erro na execução dos processos, pela automatização das acções, sem a intervenção humana dos operadores; permite desviar recursos humanos para outras áreas de actividade no âmbito da cadeia de produção.

### 5. Classificação dos esquemas de produção

No respeitante às metodologias de produção, os produtos cartográficos produzidos pelo IGeoE, podem ser classificados da seguinte forma: produtos em que a informação de base é constituída por informação vectorial e produtos cuja informação base é um misto de informação vectorial e ficheiros *raster*.

Por forma a proporcionar uma panorâmica, abrangente, da metodologia de produção utilizada para a execução dos positivos finais, assim como da prova a cores destinada à revisão e impressão dos diferentes produtos, passo de seguida a descrever as principais fases da metodologia de produção.

#### a. Metodologia de produção das séries baseadas em informação vectorial

- 1) Definição dos atributos vectoriais dos elementos *Dgn* (ficheiro vectorial utilizado pelo *software Microstation*);
  - Nível;
  - Cor;
  - Espessura;
  - Estilo;

- 2) Transformação dos elementos vectoriais em ficheiros *raster*, tipo RLE (*Run Length Encoding*);
- 3) Produção do ficheiro CRL (*Color Run Length Encoding*), para impressão e posterior revisão;
- 4) Produção dos ficheiros TIFF (*Tag Image File Format*), para execução dos positivos fotográficos;

Enquadram-se neste tipo de produtos as séries :

- M782, escala 1: 50 000;
- M888, escala 1: 25 000;
- M586, escala 1: 250 000;

#### **b. Análise da metodologia de produção das séries baseadas em informação vectorial**

##### **1) Definição dos atributos vectoriais dos elementos DGN**

A escolha dos atributos vectoriais dos elementos DGN a utilizar na produção das séries cartográficas, devem possibilitar uma leitura rápida e fácil do documento pelos revisores, pelo que as cores deverão dentro do possível, ser iguais às escolhidas para impressão em positivos finais, com vista à tipografia.

##### **2) Transformação dos elementos vectoriais em ficheiros *raster*, tipo RLE.**

Nesta fase foi utilizado o seguinte *software*:

– **IPLLOT** (linguagem desenvolvida pela *Intergraph*, que permite *plotear* elementos vectoriais e *raster*); quando utilizado em conjugação com as *pen-tables*, possibilita a escolha dos elementos do ficheiro vectorial DGN, de acordo com os níveis, cores, espessuras e estilos que possuem, tendo em atenção a simbologia a

que se referem de acordo com as Normas Técnicas da Escala em questão.

– **IT9RASDRV** (*driver*) que em conjugação com o **IPLLOT**, permite gerar ficheiros *raster* binários, tipo RLE, respeitando as características por nós impostas aos elementos vectoriais.

##### **3) Produção do ficheiro CRL (*Color Run Length*), para impressão e posterior revisão.**

O *software Map Publisher*, com a opção *Photolab*, permite conjugar os ficheiros .RLE, sujeitos a um certo número de operações, tais como a escolha da sua cor final, prioridades e mascaramentos.

Como *output* final, este *software* permite aos utilizadores a escolha de uma variedade de formatos *raster*. Com vista à revisão da carta topográfica, pela Secção de Controlo de Qualidade, optamos por escolher o formato CRL, que possibilita aos revisores uma percepção da carta muito próxima daquela, que será o produto final, após a impressão na tipografia.

##### **4) Produção dos ficheiros TIFF, para execução dos positivos fotográficos.**

– O *MapPublisher* é utilizado para gerar os ficheiros finais em formato TIFF destinados ao *MAPSETTER 6000*, utilizando para esse fim os rles anteriormente referidos.

#### **c. Metodologia de produção das séries baseadas em informação vectorial e *raster***

- 1) Definição dos atributos vectoriais dos elementos Dgn;
  - Nível;
  - Cor;
  - Espessura;
  - Estilo;
- 2) Transformação dos elementos vectoriais

em ficheiros *raster*, tipo RLE (*Run Length Encoding*);

- 3) Produção dos ficheiros TIFF, para execução dos positivos fotográficos e prova a cores;

Enquadram-se neste tipo de produtos as séries:

- 1501AIR, escala 1: 250 000;
- 1501GROUND, escala 1: 250 000;
- Mapa de Estradas, escala 1: 250 000;
- Carta Itinerária, escala 1: 500 000;
- Ortofotos, escala 1: 10 000;
- Carta Imagem Satélite, escala 1: 50 000;

#### d. Análise da Metodologia de produção das séries baseadas em informação vectorial e *raster*

##### 1) Definição dos atributos vectoriais dos elementos DGN

A escolha dos atributos vectoriais dos elementos DGN a utilizar na produção das séries cartográficas, devem possibilitar uma leitura rápida e fácil do documento pelos revisores, pelo que as cores deverão dentro do possível, ser iguais às escolhidas para impressão em positivos finais, com vista à tipografia.

##### 2) Transformação dos elementos vectoriais em ficheiros *raster*, tipo RLE.

Nesta fase foi utilizado o seguinte *software*: **IPLLOT** (linguagem desenvolvida pela *Intergraph*, que permite *plotear* elementos vectoriais e *raster*). Quando utilizado em conjugação com as *pen-tables*, possibilita a escolha dos elementos do ficheiro vectorial DGN, de acordo com os níveis, cores, espessuras e estilos que possuem, tendo em atenção a simbologia a que se referem e segundo as Normas Técnicas das Escala em questão, assim como, a exclusão de qualquer outro elemento que não obedea a estas Normas.

**IT9RASDRV** (*driver*) que em conjugação com o **IPLLOT**, permite gerar ficheiros *raster* binários, tipo RLE, respeitando as características por nós impostas aos elementos vectoriais.

##### 3) Produção dos ficheiro TIFF, para execução dos positivos fotográficos e provas a cores.

O *software Map Publisher*, com a opção "Collage", permite atribuir aos ficheiros RLE percentagens de cor, assim como, definir prioridades e operações de mascaramento, relativamente aos ficheiros TIFF, correspondentes à imagem *raster* "background", do documento cartográfico pretendido, por exemplo: uma ortofoto.

Como *output* final este *software* permite ao utilizadores a escolha de uma variedade de formatos *raster*. Com vista à revisão deste tipo de documento cartográfico, pela Secção de Controlo de Qualidade, optamos por escolher o formato TIFF. São produzidos, para o efeito quatro TIFFS, nomeadamente os ficheiros do *cyan*, *magenta*, *yellow* e *black*. Estes ficheiros são abertos no *Photoshop* e mergidos por forma a constituir um ficheiro TIFF CMYK, que é submetido a um sistema de gestão de cor e posteriormente impresso numa impressora calibrada para o efeito. Se o objectivo for a impressão em película fotográfica, estes ficheiros são enviados para o *Mapsetter* para a elaboração dos positivos finais.

## 6. Provas a cores

Como mecanismo de controle de qualidade, instituiu-se que antes de enviar os positivos impressos no *Mapsetter* para a gráfica, é efectuada uma prova a cores, num dispositivo de contacto, que simula a impressão gráfica e permite detectar antecipadamente qualquer problema ao nível da cor. Esta prova é realizada a partir dos positivos fotográficos, seleccionan-

do-se para o efeito uma área com a dimensão de A3, representativa do trabalho pretendido. O sistema utilizado para a realização das provas a cores, baseia-se na sensibilização, de películas especiais sensíveis aos comprimentos de onda ultravioleta.

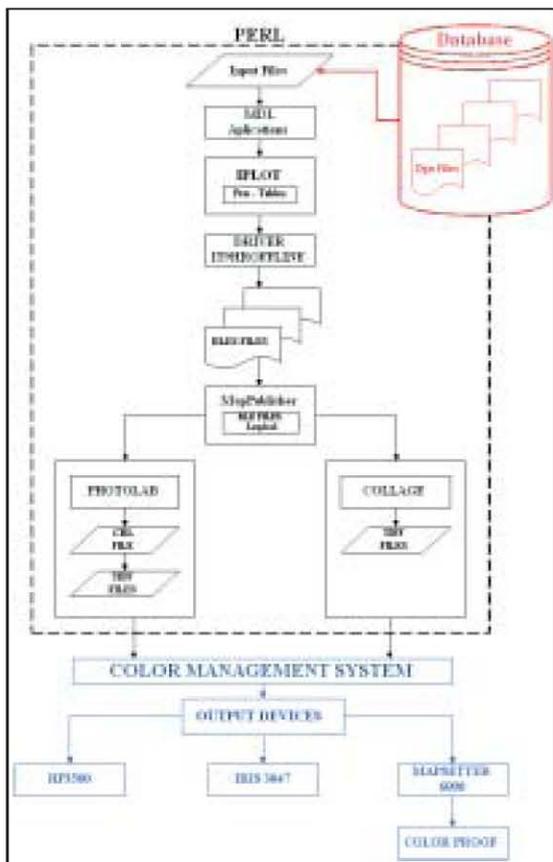


Figura 1 – Fluxo de produção Perl / MapPublisher / Sistema de gestão de cor

## 7. A Problemática da Gestão de cor

A necessidade de impressão em *offset* de produtos, tais como, imagem satélite, ortofotos e a produção de documentos cartográficos, com uma grande variedade de cores, catapultou, em 1996, a cartografia do IGeoE, para as técnicas de impressão em quadricromia, com todas as vantagens e problemas que daí advêm. A adopção desta técnica em

detrimento da técnica de impressão em cores directas, conduziu a uma série de metodologias, diferentes, inovadoras e de elevado potencial que abriram novas perspectivas na produção de documentos cartográficos. Subjacentes a estas metodologias encontra-se a necessidade de imprimir ficheiros vectoriais, sobrepostos a bases *raster*.

A necessidade de superar este desafio, levou-nos a procurar compreender os fenómenos que à data se colocavam, nomeadamente o fenómeno da cor. A questão da cor era um “grande enigma”, cuja compreensão estava ao alcance de poucos. A constatação deste enigma, tinha lugar, quando verificamos que a mesma imagem em diferentes dispositivos, surgia com cores diferentes.

No entanto, ao longo dos últimos anos e fruto do esforço conjunto de uma série de empresas ligadas à área da imagem, este problema foi contornado e foram colocadas à disposição do mercado uma série de soluções credíveis, no que diz respeito, à gestão da cor.

## 8. Problemas típicos relacionados com a cor

O estudo e compreensão da “teoria das cores”, revelou-se fundamental para a compreensão de uma série de fenómenos e problemas, relativos à visualização da cor nos vários dispositivos, dos quais passamos a referir os mais significativos.

- a. Qual o motivo pelo qual um ficheiro *raster*, quando visualizado num monitor e impresso numa impressora, assume uma aparência diferente?

A explicação para que um ficheiro *raster* quando visionado em dispositivos diferentes, nomeadamente monitor e impressora ter uma aparência diferente, reside no facto dos monitores serem dispositivos RGB e em contrapartida as impressoras serem dispositivos que utilizam o modelo CMYK.

Da análise do modelo de cor RGB versus CMYK, conclui-se que o espectro de cores passíveis de serem representadas no modelo RGB, é superior ao modelo CMYK – figura 2, daí a mesma imagem possuir uma aparência diferente, quando visualizada num monitor ou quando impressa numa impressora. Daqui a impossibilidade de determinadas cores, observadas num monitor não poderem ser recriadas num dispositivo que utiliza o modelo CMYK.

b. Quando converto um ficheiro RGB para CMYK, porque é que a imagem CMYK fica normalmente mais escura?

Esta situação, alvo de grande incompreensão, pelos utilizadores dos programas de tratamento de imagem verifica-se, devido às técnicas utilizadas pelo *software*, para efectuar a conversão de imagens RGB para CMYK, assim como, pela indefinição incorrecta de parâmetros, como por exemplo o *dot gain*.

O fenómeno em questão, explica-se da seguinte forma: as cores *cyan*, *magenta* e *amarela* quando misturadas não conseguem produzir a cor preta pura, nem graus consistentes de cinzento. Para ultrapassar esta situação duas técnicas distintas podem ser utilizadas: a UCR (*undercolor removal*), que consiste em reduzir as percentagens de CMY nas áreas escuras da

imagem e substituir essas cores por uma percentagem semelhante de preto, ou então aplicar a técnica designada por GCR (*gray color replacement*), esta basicamente adiciona uma percentagem de preto a qualquer ponto da imagem, áreas escuras ou claras, cuja cor seja a resultante da mistura das cores CMY. A aplicação destas técnicas pode conduzir à obtenção de imagens mais escuras que as originais.

Outro factor importante, a ter em consideração na definição dos parâmetros para a conversão de ficheiros RGB em CMYK é o *Dot Gain*. Este factor varia com o grau de absorção do papel e as propriedades da tinta a utilizar na impressão. Isto porque, na passagem do negativo para a chapa os pequenos pontos que constituem a imagem do negativo tendem a diminuir o seu tamanho. No entanto, estes mesmo pontos, sofrem um efeito de ampliação quando são passados para o papel com vista à impressão final. Um papel com um elevado grau de absorção permite um *Dot Gain* maior que um papel com menor grau de absorção. Assim uma incorrecta definição do *Dot Gain* pode ter como consequência um excesso de tinta no papel, logo uma imagem final mais escura do que o previsto.

c. Quais os factores que devemos ter em conta na calibração do monitor?

Os monitores são dispositivos RGB, que se baseiam nas propriedades fundamentais da luz: qualquer cor é conseguida a partir das cores primárias: o vermelho, o verde e o azul. Os monitores estão equipados com um conjunto de três canhões que emitem feixes de electrões. Estes canhões estão dispostos por forma a incidir sobre o écran em pontos distintos, onde se encontram depositados diferentes tipos de partículas de fósforo: estas quando atingidos pelos electrões exibem respectivamente a cor azul, verde e vermelho. Os três pontos tocados pelos feixes de electrões estão situados tão próximos uns dos outros, que o olho humano somente capta um único ponto colorido no monitor. A va-

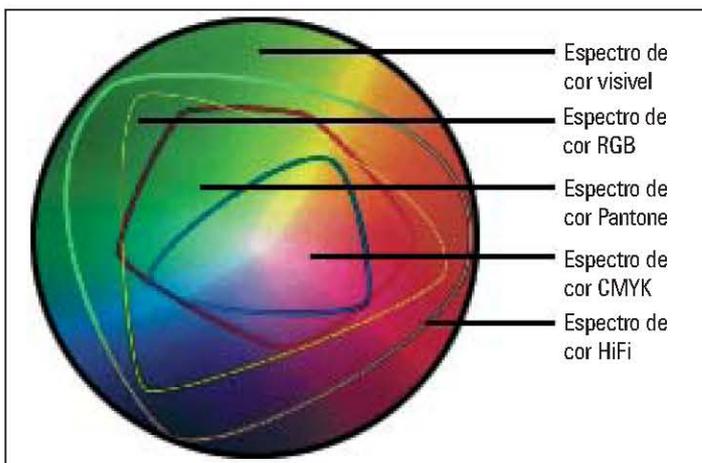


Figura 2 – Espectro da cor



O *software* efectua a leitura dos valores obtidos pela rasterização e por comparação com os valores de referência do “IT8 color target”, produz um ficheiro “profile” que permite a transferência dos valores RGB para o modelo CIELab.

### b. Calibração de monitores

O colorímetro é colocado no monitor, por forma a efectuar a leitura de uma série de quadrados, com diferentes valores de RGB. O *software* procede à leitura dos valores dos vários quadrados de cor e produz um ficheiro “profile”, que permite a transferência dos valores RGB lidos, para o modelo CIELab

### c. Calibração de impressoras e outros dispositivos de saída

A calibração deste tipo de dispositivos é conseguida pela impressão dum “color target” no dispositivo a calibrar. O “color target” é um ficheiro *raster* composto por uma série de quadrados de cor, cujo valor de referência no modelo CMYK e CIELab é conhecido.

Com o colorímetro procede-se então à leitura dos valores obtidos. Com base nestas leituras e por comparação com os valores de referência do “color target”, o *software* vai produzir um ficheiro “profile”, que permite a transferência dos valores CMYK para o modelo CIELab.

### d. Conversão de ficheiros RGB para CMYK

Para efectuar a conversão dum ficheiro RGB para CMYK, o *software* estabelece uma correspondência entre o valor RGB lido no ficheiro e o correspondente no modelo CIELab onde se pretende fazer a impressão.

## 10. O sucesso do sistema de gestão de cor

A chave para o sucesso do sistema de gestão de cor, adoptado pelo IGeoE, baseia-se

nos seguintes princípios:

- Um conhecimento profundo da “teoria das cores”;
- Uma metodologia de produção cuidadosamente testada;
- A adopção correcta de mecanismos de controle;

A implantação deste sistema, traduziu-se no aumento da eficiência e qualidade da oferta dos serviços prestados por esta instituição e consequentemente na melhoria da sua imagem, junto dos seus clientes. O sistema de gestão de cor, quando integrado com as actuais capacidades da cadeia de produção, potencia a penetração dos produtos cartográficos, desenvolvidos pelo IGeoE, em novos segmentos de mercado.

## 11. Conclusão

Na continuação das nobres tradições cartográficas, de que tanto se orgulha, o IGeoE vem desenvolvendo ao longo dos últimos anos um esforço contínuo, para acompanhar o desenvolvimento tecnológico e científico ocorrido no âmbito da ciências cartográficas. Os conhecimentos por nós transmitidos nesta artigo, são o fruto do saber derivado dos desafios que fomos superando ao longo do tempo. Esperamos, desta forma que o presente artigo tenha ido de encontro às expectativas criadas nesta área de conhecimento

*“A Qualidade nunca é um acidente. Ela resulta sempre dum esforço inteligente”*

– John Ruskin –

## 12. Referencias

- *Colors Theory*, Simone Bacellar Leal Ferreira
- *Color Separation*, José Balsinhas, IGeoE, 1998
- *The Agfa Guide to Digital Color Prepress*, Agfa
- *The Secrets of Color Management*, Agfa

