

Boletim

n.º 82

novembro 2020

Centro de Informação
geoespacial
do Exército



91%



Boletim | n.º 82

novembro 2020

Centro de Informação
geoespacial
do Exército



Boletim | n.º 82

novembro 2020

Propriedade

Centro de Informação Geoespacial do Exército
Av. Dr. Alfredo Bensaúde
1849-014 Lisboa
Tel: 21 850 53 00
Fax: 21 850 53 90
E-mail: igeoe@igeoe.pt
Web: www.igeoe.pt

Diretor

Hélder António da Silva Perdigão
Cor Art

Coordenação e Revisão

Luís Crispim
TCor Cav

Design gráfico

Good Dog Design - Comunicação e Publicidade

Impressão

Palmigráfica - Artes Gráficas

ISSN

0872-7600

Depósito Legal

448721/18

Tiragem

750 exemplares

Índice

Análise do IPB obtido por processos automáticos - 2ª parte	4
O legado da Cartografia Militar: conhecer o passado para compreender o presente e perspetivar o futuro - A obra ..	14
Apoio Geoespacial às Operações	20
O Drone do CIGeoE	34
A Informação Geográfica e os Sistemas de Comando e Controlo	44
Simbolização da Informação Geográfica 3D (SIGeo3D) ..	54
20 anos do SIQAS no Centro de Informação Geoespacial do Exército.....	60
Contributos da linguagem Python e das suas bibliotecas geoespaciais no desenvolvimento dos SIG ..	64
Cinco anos como Centro de Informação Geoespacial do Exército	80
SIG 3D, passados 10 anos e agora?	88
A Pré-validação na cadeia de produção da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000 (Séries M888, M889 e P821) ..	96
Deteção semi-automática de áreas verdes permanentes	102
O CIGeoE e a Formação	112
NOTÍCIAS DO CIGeoE	120
Produção Cartográfica	130

Editorial

Como instituição credível, moderna, de referência nacional e de prestígio internacional, o Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE) produz hoje informação geoespacial assente nas mais modernas metodologias e nas mais avançadas tecnologias. Ao considerar indispensável o acesso à informação produzida, seja para fins operacionais, de apoio militar de emergência ou para fins civis, no âmbito do desenvolvimento, proteção e bem-estar das populações, na salvaguarda de pessoas e bens ou ainda para fins sociais, culturais, económicos, académicos ou científicos, o CIGeoE mantém-se atento às necessidades da sociedade e acompanha as novas tecnologias emergentes, com uma capacidade inovadora digna de realce e, cada vez mais, capaz de se adaptar a novas dinâmicas e a novos desafios.



Foi com este espírito que, neste ano de 2020, apesar da conjuntura pandémica que ainda hoje atravessamos e que teve algumas repercussões no nosso normal funcionamento, designadamente no fecho da loja de cartografia, na suspensão dos trabalhos de campo e no recurso ao trabalho a partir dos domicílios pela generalidade dos nossos colaboradores, o CIGeoE não esmoreceu e praticamente manteve os níveis de produtividade do antecedente, demonstrando uma elevada prontidão na elaboração de novos produtos que disponibilizou a diversas entidades, como foi o caso de um mapa dos hospitais para a Administração Central do Sistema de Saúde do Ministério da Saúde, de um mapa das escolas por área de responsabilidade das U/E/O para efeitos de desinfeção ou os mapas do acompanhamento da COVID-19 nas U/E/O do Exército.

Assim, a conceção e desenvolvimento de novos produtos e serviços a par da exploração e melhoramento dos que já estão em curso, o abraçar de novos projetos e a celebração de novas parcerias, são designios de extrema importância para a nossa sustentabilidade.

Lançado o repto para a elaboração de artigos, com vista a serem publicados nesta edição do Boletim no âmbito do nosso 88.º aniversário, não faltaram interessados, identificando-se um conjunto de temas transversais às ciências geoespaciais, que vão desde a formação, a evocação de alguns marcos históricos do CIGeoE, à investigação e inovação de diferentes produtos e serviços, ao emprego operacional da informação produzida e aos principais eventos do corrente ano, alia-se ainda o lançamento do primeiro de dois volumes de um novo livro da autoria do Cor Art (Ref) Fernando Soares intitulado *“O legado da cartografia militar: conhecer o passado para compreender o presente e perspetivar o futuro”* que, seguramente, será uma referência impar para todos aqueles que trabalham nesta área do “saber” e irá enriquecer muitos acervos bibliográficos, fazendo jus à nossa divisa de sempre “Honra, Valor e Fama”.

Por fim, e como Diretor do CIGeoE, quero expressar o reconhecimento pelo empenho, dedicação, competência, profissionalismo e elevado sentido de missão de todos quantos servem na casa-mãe da cartografia militar, em especial aqueles que com a sua generosidade e disponibilidade aqui plasmaram o seu conhecimento ao serviço dos portugueses.

O Diretor

Hélder António da Silva Perdigão
Coronel de Artilharia



Enquadrado na missão do Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE) de desenvolver ações de investigação científica e tecnológica, foi definida, para 2019, a conceção e desenvolvimento de uma aplicação de interesse cartográfico⁴, e essencialmente militar, para agilização do Estudo do Campo de Batalha pelas Informações (IPB) e, conseqüentemente, do Processo de Decisão Militar (PDM).

O PDM é uma instanciação do Processo de Resolução de Problemas para o contexto específico das operações militares, constituindo-se como a ferramenta a utilizar para a avaliação de uma situação tática, e respetiva tomada de decisão, pelos comandantes de unidades que possuam Estado-Maior.

Das sete fases do PDM, a segunda, Análise da Missão, “é uma fase crucial”, cujo segundo passo, a elaboração do IPB inicial, se realça, pois muitas das avaliações, e decisões, do restante processo, assentam nos seus produtos.

Assim, foi desenvolvida, no CIGeoE, com a colaboração do Instituto Universitário Militar (IUM), uma ferramenta para intervenção no IPB, integrada no Sistema de Informação Geográfica para Apoio às Operações (SIGOp).

Com esta automatização, a informação tratada é menos suscetível a erros e garante um produto final com maior rigor e em menor tempo.

Análise

obtido por processamento de dados
– 2ª parte

Introdução

Este artigo é a segunda parte do artigo homónimo publicado no Boletim n.º 81 do CIGeoE (2019). Na altura da sua publicação o projeto ainda estava a decorrer, pelo que se focou na introdução, motivação e enquadramento, ainda que referindo um dos desafios de implementação e respetiva solução.

Assim, o presente artigo foca-se na implementação dos produtos do IPB automatizados, omitindo o conteúdo a montante, nomeadamente:

- Introdução
- Estado final pretendido
- Racional de implementação
- Fontes de informação primárias

A geração dos produtos foi encadeada num fluxo coerente e integrada no SIGOp (embora ainda não em produção), utilizando os protocolos e aplicações que lhe servem de suporte, realçando-se o protocolo *Web Processing Service* e o sistema de base de dados *PostgreSQL*.



do IPB

os automáticos

João Afonso

Major de Infantaria
Engenheiro Informático

Centro de Informação Geoespacial do Exército
jafonso@igeoe.pt



Implementação da criação de produtos do IPB

Alguns dos produtos, como o transparente de cobertos e abrigos e o transparente de obstáculos combinados (TOC), são de obtenção direta do conteúdo da Base de Dados da ferramenta Automação do Estudo do Espaço de Batalha pelas Informações (BD AIPB), com a imposição de algumas restrições.

Por exemplo, a Figura 1, que representa o transparente de cobertos e abrigos, foi calculado pela união dos objetos da vegetação restritiva e impedi-

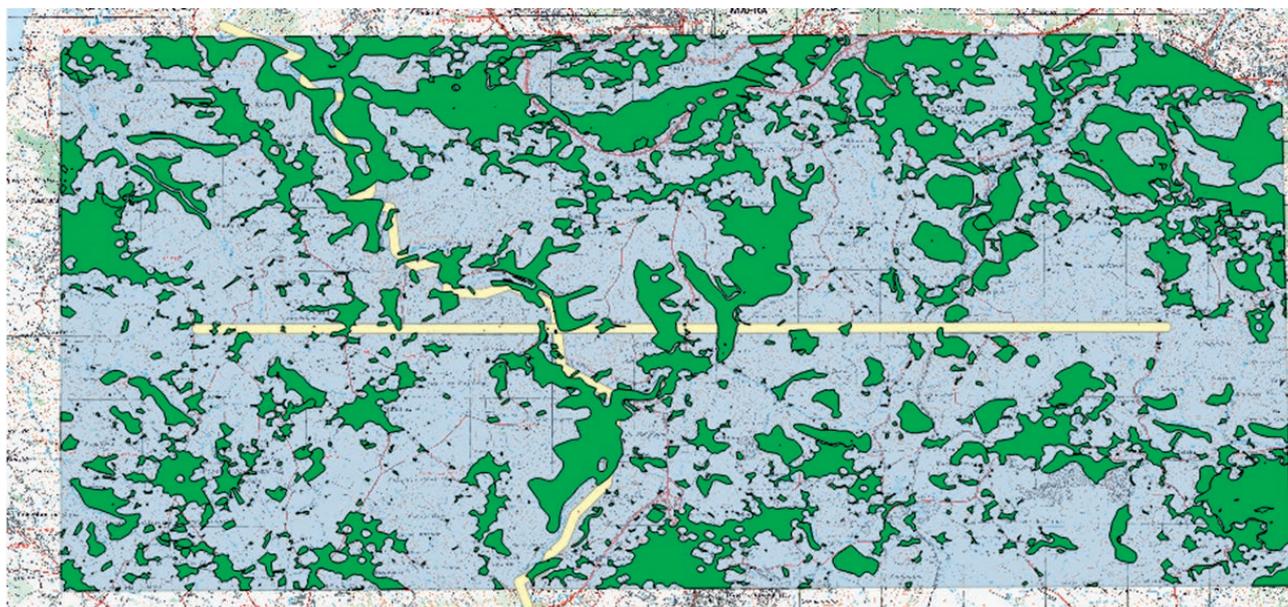


Figura 1 - Exemplo de transparente de cobertos e abrigos (apenas com vegetação restritiva e impeditiva)

tiva e as alterações resultantes da ação do homem restritivas e impeditivas, intersectados com o polígono da área em estudo.

Estes objetos, por seu lado, também farão parte do TOC. No entanto, para o TOC, além de serem considerados mais objetos que os constantes no parágrafo anterior, terá de ser aplicada, ainda, outra restrição: polígonos com diâmetro inferior ao definido para dois escalões abaixo do escalão em estudo, deverão ser ignorados (conforme definido em (Ministério da Defesa Nacional, 2010), se o escalão em estudo for Brigada, só se deverão considerar obstáculos maiores que a frente de uma Companhia, ou seja, 500m).

Nos pontos seguintes, é descrita a metodologia da geração automática dos diferentes produtos. A ordem por que aparecem é a efetivamente calculada pelo AIPB, ainda que possa diferir da ordem

como são enumerados na doutrina de referência.

Realça-se, também, que a simbologia gráfica, no SIGOp, dos produtos resultantes, está de acordo com a prevista em (Ministério da Defesa Nacional, 2010) e comumente utilizada nos cursos ministrados no IUM.

Transparente de cobertos e abrigos

Conforme já referido, o transparente de cobertos e abrigos é elaborado à custa da consulta direta

à BD AIPB, unindo todos os polígonos da **vegetação restritiva e impeditiva**, bem como das **alterações resultantes da ação do homem restritivas e impeditivas**, intersectadas com o polígono da área a analisar (ver Figura 2).

Como produto resultante, o AIPB criará, no SIGOp, uma nova *layer* com esta informação. O operador, nesta fase, poderá ajustar as áreas deste transparente, visto que esta informação se constitui como “dados de entrada” de processamentos subsequentes.

Transparente de observação e campos de tiro - linhas de observação

As Linhas de Observação (LO) são uma referência importante para a geração de alguns produtos, a

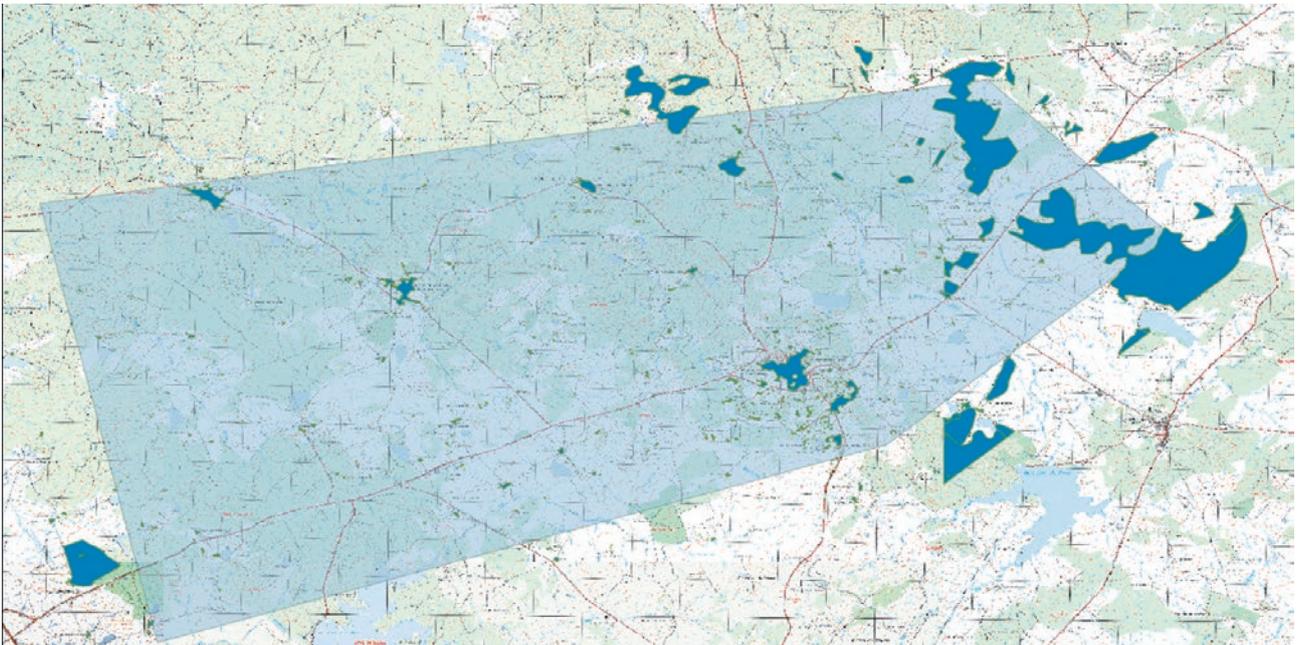
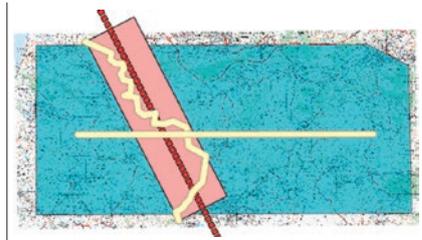


Figura 2 - Transparente de cobertos e abrigos (a azul escuro)

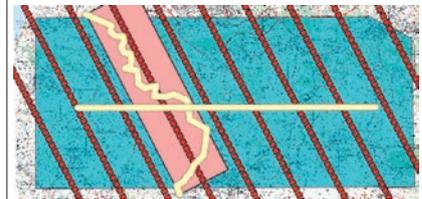
jusante, fundamentais, como é o caso dos pontos importantes (como regra geral, estes pontos situam-se nalguns vértices destas linhas). O seu cálculo não é tão trivial como o transparente de cobertos e abrigos, sendo que o racional da sua geração, analogicamente, sintetiza-se nos seguintes passos (adaptação de (Silva, 2019):

1. as LO são linhas transversais ao movimento da força que se desloca;
2. apoiam-se nos pontos de maior cota, dentro da Área de Operações (AOp);
3. espaçamento correspondente, sensivelmente, ao alcance das armas de tiro tenso de maior alcance (utiliza-se a distância de 3km, correspondente, aproximadamente, ao alcance das armas anti-carro do Batalhão);
4. numeração no sentido do movimento da força que se desloca.

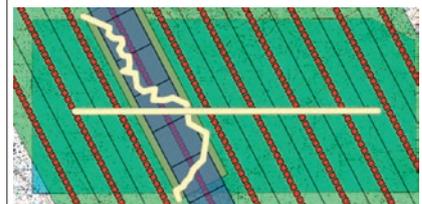
1. Através da linha de referência, determinar uma linha média e transversal ao deslocamento da força (linha pontilhada, a vermelho).



2. Criar linhas paralelas à calculada anteriormente, com espaçamento de 3km.



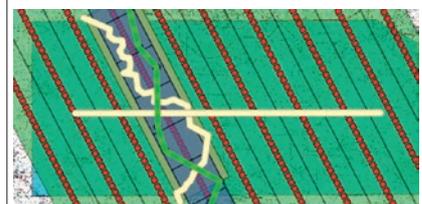
3. Criar faixas (áreas) ao longo das paralelas e dividir estas faixas, para otimização, em quadrados de 3km de lado.



4. Determinar ponto mais elevado de cada um dos quadrados calculados (pontos azuis).



5. Unir os pontos, criando a LO (linha tracejada verde).



Aplicando-o, no AIPB:

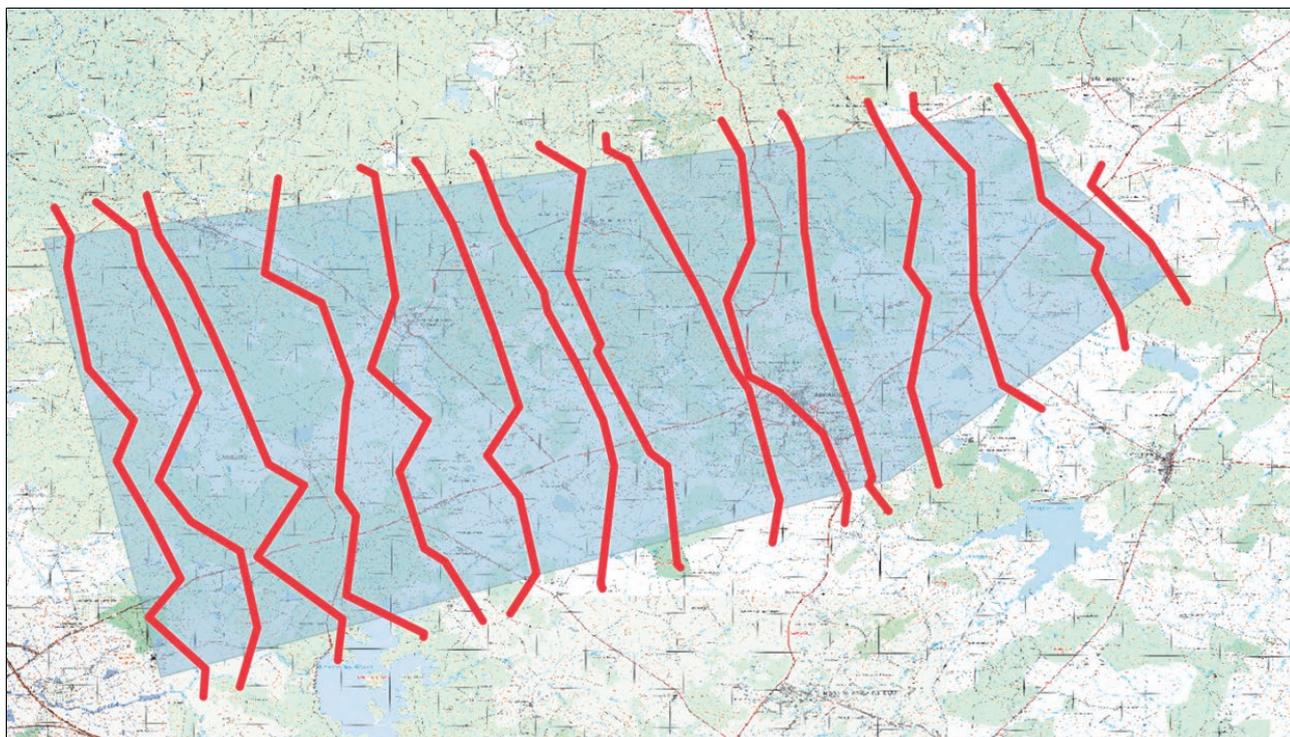


Figura 3 - Linhas de observação (a vermelho)

A Figura 3 representa o resultado final do cálculo das LO numa área de teste.

Tipicamente, um Modelo Digital do Terreno (MDT) consiste numa imagem em escala de cinzentos, onde o valor de cada *pixel* corresponde à cota desse ponto. Como a pesquisa dos pontos mais altos, numa grande área, implicaria grandes recursos computacionais, ou elevado tempo de espera, aplicou-se uma otimização que consistiu num pré-processamento do **MDT de Portugal**, no qual se identifica, e se guarda, em BD, o ponto mais elevado em quadrados de 3km de lado.

Refere-se, ainda, que alguns destes produtos, após geração automática, poderão ser polígonos, ou linhas, com muitos vértices. Como se pretende que o AIPB esteja otimizado para o SIGOp, são executados algoritmos de simplificação sobre estas geometrias. Considera-se que, a perda de informação por via desta simplificação, não é relevante para o produto final, facilitando, contudo, a sua abertura no geoportais.

O produto resultante deste passo do AIPB é a geração de uma nova *layer*, no SIGOp, contendo as LO. O operador poderá, mais uma vez, efetuar ajustes nesta *layer*, para condicionar o restante processo.

Transparente de observação e campos de tiro - áreas de empenhamento

Outra informação que deve constar no transparente

de observação e campos de tiro é a relativa às áreas de empenhamento. Estas situam-se entre as LO, nas quais o terreno não possui cobertos e abrigos.

Correspondem, assim, a todas as áreas que **não foram identificadas no transparente de cobertos e abrigos**, sendo a Figura 4 um exemplo.

O AIPB criará, como produto, uma nova *layer*, no SIGOp, contendo estas áreas.

Transparente de observação e campos de tiro - terreno com características defensáveis

A última informação que deverá constar num transparente de observação e campos de tiro é a identificação do terreno com características defensáveis. Esta identificação é efetuada à custa dos elementos calculados anteriormente. Considerando que assentam em encostas de terreno voltadas para as áreas de empenhamento, e com observação sobre estas, a sua identificação é “trivial”: as encostas situam-se na face das **LO** voltada para a **direção da força em deslocamento**, adjacentes a **áreas de empenhamento**, conforme esquematizado na Figura 5.

A verificação da adjacência é efetuada considerando a área associada ao escalão abaixo do escalão em estudo.

Como o terreno com características defensáveis

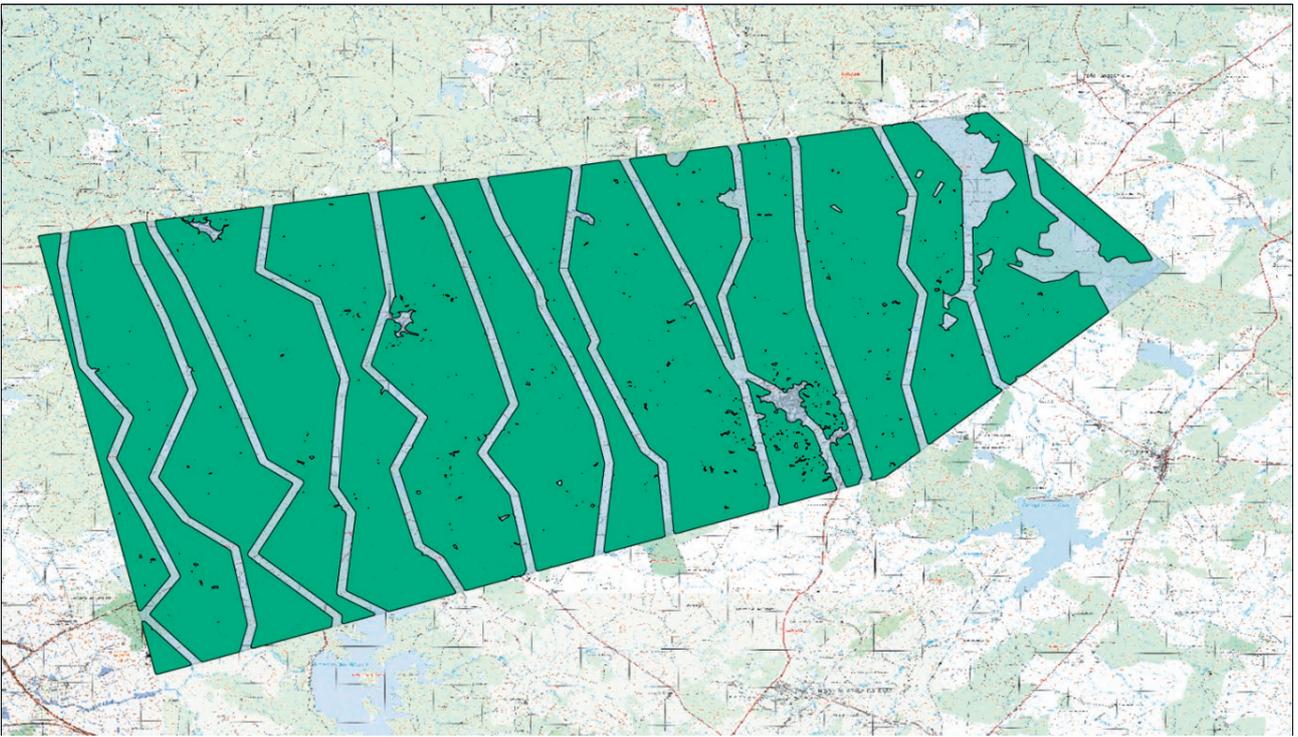


Figura 4 - Áreas de empenhamento (a verde escuro)

é onde, idealmente, se situarão posições defensivas, e se poderão constituir como pontos importantes, o operador poderá, mais uma vez, ajustar os

polígonos gerados neste passo (é gerada uma nova *layer*, no SIGOp, com estas áreas), permitindo que se condicione o restante processo.

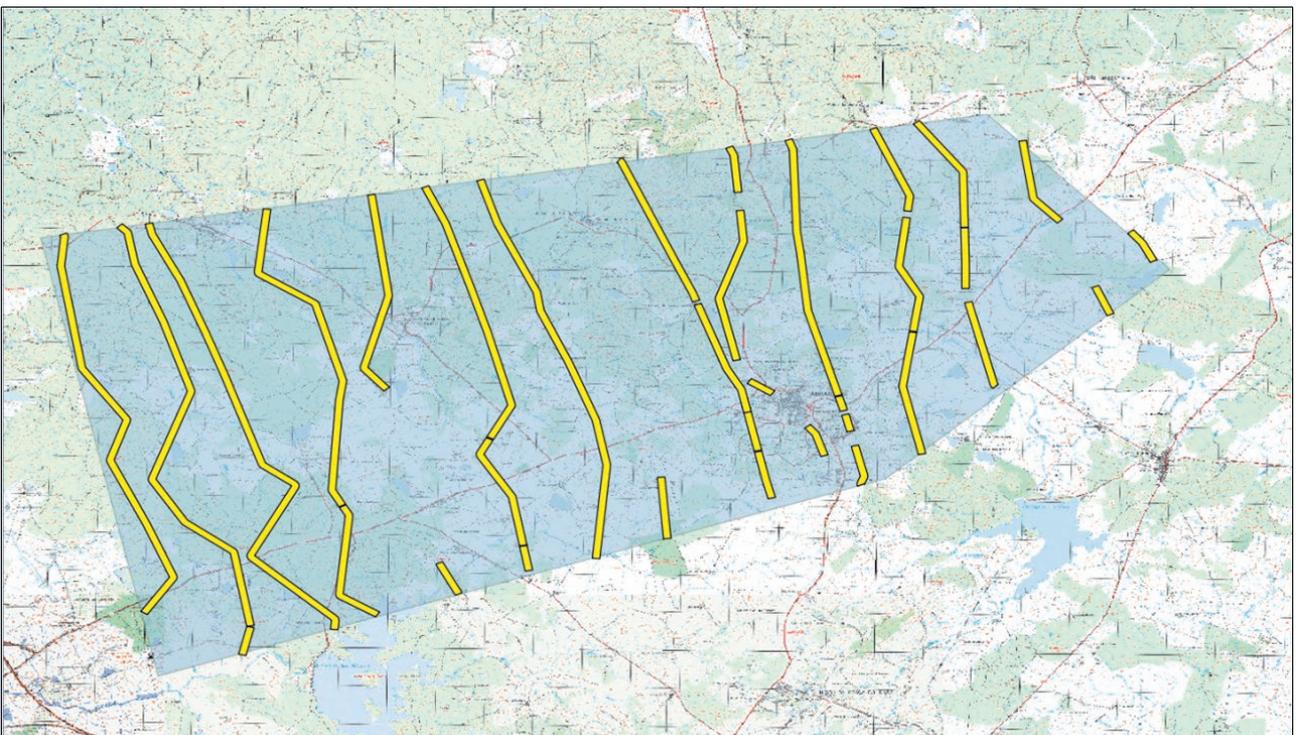


Figura 5 - Terreno com características defensáveis (a amarelo)

Transparente de obstáculos combinado

À semelhança do transparente de cobertos e abrigos, a maior parte da informação constante no TOC é obtida por **consulta direta à BD AIPB**. As áreas restritivas e impeditivas relativas à hidrografia, vegetação, natureza do solo e alterações resultantes da ação do homem, cumprem esta regra geral. A exceção é relativa ao relevo: é considerado terreno restritivo aquele cujo declive se encontra entre 30 e 45% e impeditivo quando superior a 45%. Como este cálculo é moroso de efetuar, foi realizado um pré-processamento sobre o MDT, no qual se identificaram todas as áreas dos intervalos restritivos e impeditivos. É por consulta a estas áreas que este transparente é elaborado.

Há uma última condicionante relativa a estas áreas, relacionada com a sua área: se for pequena demais, tendo em conta o **escalão da unidade em estudo**, é desprezada e não incluída no TOC. O tamanho mínimo destas áreas, para serem consideradas obstáculo para determinado escalão, encontra-se definido em (Ministério da Defesa Nacional, 2010).

São os polígonos resultantes da união de todos estes obstáculos que são úteis para o restante processo, independentemente do seu fator de origem (se hidrografia, relevo, etc), sendo gerado, pelo AIPB, uma nova *layer*, que os conterà (a Figura 6 representa um eventual TOC).

Embora possa haver fundamentação para, nos produtos gerados anteriormente, o operador efetuar alterações, este será, no entanto, o caso mais paradigmático: a célula de Informações de um Estado-Maior terá acesso, por via de diferentes fontes, a informação mais recente e atualizada que a existente em cartografia (por exemplo, a relativa a obstáculos de reforço), podendo, assim, enriquecer, e tornar mais fiel, este TOC.

Transparente de obstáculos combinado modificado - pontos importantes

Os pontos importantes, bem como os eixos de aproximação, constituem-se como os produtos do TOC-M e são os principais elementos resultantes da fase 2 do IPB, que servirão de apoio às restantes fases.

Embora haja várias regras a obedecer para a definição de um ponto importante, estas são de aplicação quase direta, no AIPB, devido a envolverem, na sua maioria, a comparação de valores numéricos (para ler estas regras, consultar (Ministério da Defesa Nacional, 2010), ou (Silva, 2019), num quadro resumo).

No AIPB, todos os **vértices das LO** são candidatos a pontos importantes, com prioridade para aqueles que se situam em terreno com valor defensável. É sobre estes pontos que se aplicam as regras supra menciona-

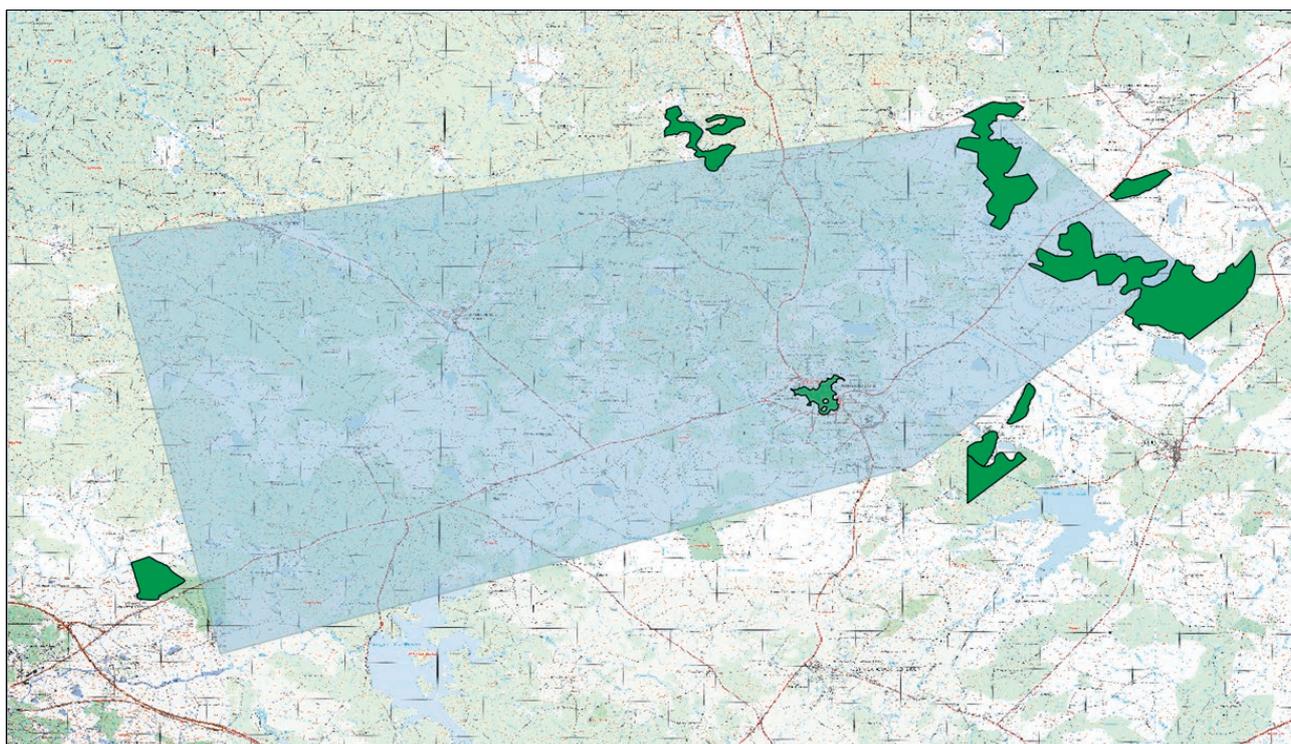


Figura 6 - Transparente de obstáculos combinado (diferentes tonalidades de verde)

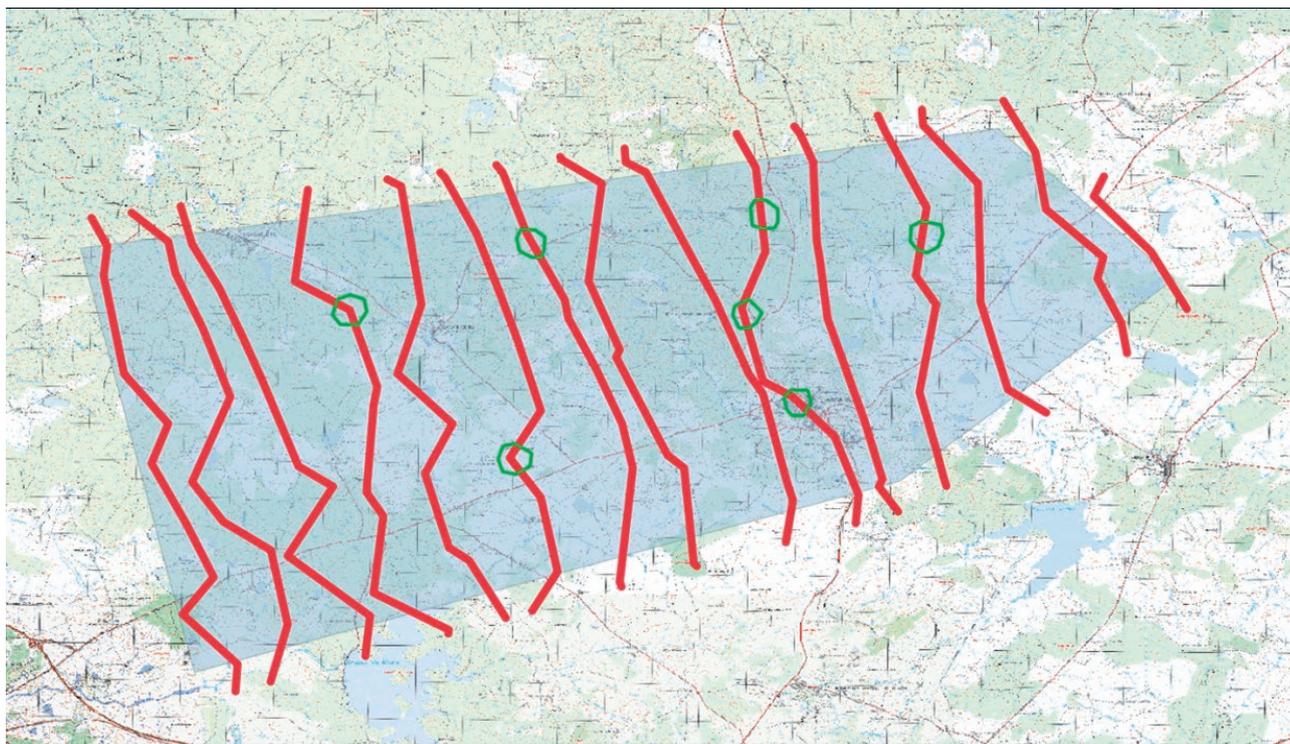


Figura 7 - Pontos importantes, a verde, sobre linhas de observação

das, permitindo identificar os pontos importantes.

O resultado desta fase é a criação, no SIGOp, de uma nova *layer* que conterá os pontos importantes, podendo ser modificada, pelo operador, para condicionar o cálculo dos eixos de aproximação. A Figura 7 representa esta fase.

Transparente de obstáculos combinado modificado - eixos de aproximação

O último produto a ser calculado pelo AIPB é a *layer* que conterá os eixos de aproximação. Esta é a fase mais complexa de todo o processo, que envolve diferentes algoritmos, para que os resultados apresentados sejam coerentes e, idealmente, ótimos.

Os eixos têm, como ponto de partida, um dos limites da AOp (calculado a partir da **direção da força em deslocamento**) e, como destino, o limite oposto da AOp, ou **pontos importantes** que estejam junto a esse limite. Possuem, de largura, a distância definida (Ministério da Defesa Nacional, 2010), correspondente ao **escalão imediatamente inferior àquele que está em estudo**, e não podem atravessar obstáculos, ou seja, o **TOC**. A última condicionante é que deverão cruzar-se com pontos importantes que se situem na AOp.

A implementação, no AIPB, de forma geral, consistiu em:

- criação de uma grelha de pontos, distanciados do definido para o escalão imediatamente inferior ao estudo, por toda a AOp;
- os pontos que intersejam algum polígono da TOC, são removidos;
- com os pontos que se mantêm, são criadas arestas entre pontos vizinhos, gerando um grafo (idealmente, apenas um; são considerados pontos vizinhos aqueles que distam, no máximo, a hipotenusa de um quadrado com o lado do tamanho da largura do eixo do escalão imediatamente inferior àquele que está em estudo);
- são calculados os pontos iniciais dos eixos (pontos junto ao limite da AOp de onde parte a direção da força em deslocamento);
- são calculados os pontos finais dos eixos (pontos junto ao limite oposto da AOp, ou pontos importantes perto deste limite);
- a cada aresta do grafo é atribuído um “custo” que, inicialmente, é igual para todas as arestas, reduzindo o “custo” das arestas que se aproximem de pontos importantes.

As diretrizes dos eixos obtêm-se calculando, no grafo, os caminhos com o custo mínimo entre os pontos iniciais e finais. Um exemplo deste cálculo é o observável na Figura 8.

A implementação descrita, ainda que densa,

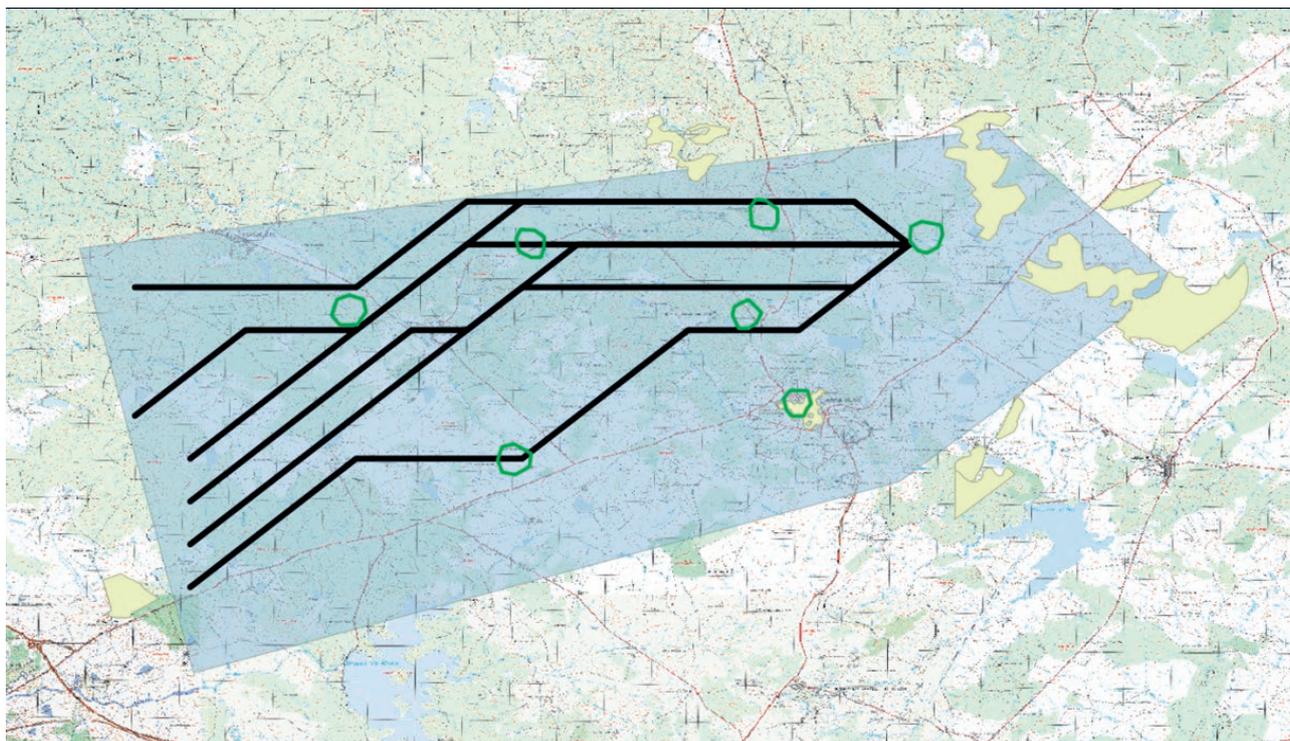


Figura 8 - Diretrizes de eixos de aproximação a preto

não inclui algumas otimizações que contribuem para o que é usual fazer tradicionalmente. Por exemplo, após calcular um eixo, é aumentado o custo de todas as arestas que o constituem, para evitar que os “eixos seguintes” confluem para o mesmo itinerário.

Mantendo o racional de todo o processo, quando esta fase termina, é criada uma nova *layer*, no SIGOp, com os eixos calculados. Será sempre possível, ao operador, nesta fase, ajustar um dos produtos a montante e mandar executar, novamente, o cálculo dos eixos de aproximação. Não esquecendo que o IPB é um processo contínuo, a manutenção de todas as *layers* produzidas pelo AIPB, com o refinamento que lhes possa ser aplicado à medida que novos dados chegam à célula de Informações, permite uma reavaliação do estudo do campo de batalha de forma imediata.

Avaliação de resultados e trabalho subsequente

O AIPB gera produtos com grande completude, alguns dos quais muito díspares do que é, tradicionalmente, executado. Esta menor completude do processo analógico é fruto da limitação de tempo (ou da tentativa da otimização deste) e da experiência e intuição de quem elabora o IPB, que se

foca nas zonas de terreno consideradas mais críticas para a operação, e que não implicará resultados piores. Por outro lado, estes produtos de maior densidade são os intermédios, sendo que, os fundamentais, são os que se deduzem à custa destes (pontos importantes e eixos de aproximação).

Considerando os aspetos anteriores e que podem existir diversas alternativas válidas para a mesma configuração do terreno, a avaliação de resultados foi feita de forma qualitativa, cingindo-se à comparação dos eixos de aproximação e pontos importantes, por esta prioridade, gerados pelo AIPB e elaborados por professores de Tática, da Área de Ensino Específica do Exército, do IUM.

Quanto a pontos importantes, observou-se que:

1. fruto das restrições de tempo, o militar que realiza o estudo tipicamente faz uso do seu conhecimento e intuição para sinalizar, apenas, os pontos importantes que considera fundamentais;
2. o AIPB sinaliza uma grande quantidade de pontos importantes na AOp (cerca de 3 vezes mais, numa AOp de Brigada) porque aplica, com exatidão, as regras previstas no IPB;
3. de forma geral, o AIPB sinalizou todos os pontos importantes identificados por métodos analógicos, apesar de ter identificado muitos mais.

Acerca dos EAprox, observou-se que:

1. a origem e destino dos EAprox no AIPB coincidem, de forma geral, com o graficado analogicamente, visto apoiarem-se fundamentalmente nos dados de entrada fornecidos pelo próprio utilizador (por exemplo, a origem constituir-se como a linha de partida/contacto e, o destino, no final da zona de ação, ou num ponto importante perto desta);
2. os pontos de estrangulamento na AOp, entre obstáculos, são corretamente identificados pelo AIPB, respeitando, de forma geral, as distâncias mínimas de acordo com o escalão da unidade em estudo;
3. ao terem sido referenciados, pelo AIPB, bastantes pontos importantes, e considerando que os EAprox se apoiam nestes, toda a AOp possui, assim, as referências necessárias para traçar as directrizes dos EAprox adequadamente;
4. o AIPB executou um levantamento mais exaustivo do que por métodos analógicos. Por exemplo, desde que haja largura, na origem, para um eixo do escalão em estudo, este é graficado, mesmo que, eventualmente, convirja noutro logo 1km à frente;
5. assim, o AIPB disponibilizou mais opções de EAprox, onde, de forma geral, todos os definidos por métodos analógicos foram também identificados pelo AIPB.

Enumeram-se, como eventuais atividades subsequentes, não incluídas no projeto AIPB, mas previstas em (Silva, 2019), e por prioridade:

1. a avaliação quantitativa dos eixos de aproximação (Observação e campos de tiro, Cobertos e abrigos, Obstáculos, Traficabilidade, Espaço de manobra, Direcção para o objectivo, Extensão, Vias de comunicação – OCOTDEV);
2. a automatização da avaliação e determinação das modalidades de ação da ameaça, passos 3 e 4 do IPB.

Conclusão

Atualmente, o AIPB já se encontra integrado no SIGOp, embora numa versão ainda não publicada. Isto deve-se ao facto de ainda necessitar de alguns aperfeiçoamentos antes de ser considerada pronta para produção. Concretamente, a avaliação dos

resultados foi promissora quando o alvo do estudo era uma unidade de escalão Brigada (como referência, teve um tempo de execução de cerca de 2 minutos, num planeamento sobre informação base à escala 1/25 000), embora a ferramenta tenha revelado problemas de desempenho quando se aumentou o escalão – o tempo de execução aumenta exponencialmente (também como referência, este processamento demorou cerca de 40 minutos).

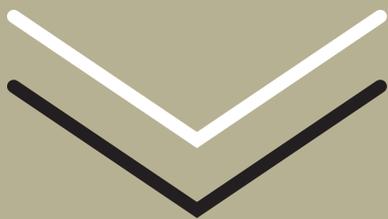
Este fator não foi considerado desde início, havendo duas abordagens para a sua resolução (ou a mistura das duas):

1. melhorar as características do servidor do SIGOp, para permitir que execute o mesmo processamento de forma mais rápida;
2. generalizar a informação da base de dados primária, ou seja, replicar o racional de trabalhar sobre cartografia à escala 1/25 000 quando se planeia operações de Batalhão e escala 1/50 000, ou mais pequena, para Brigada ou Divisão.

O AIPB representa um salto qualitativo pelo rigor da informação obtida e, principalmente, de minimização de tempo, fundamentais no planeamento de operações, quando comparado com as metodologias analógicas. São inúmeras as referências, na doutrina, acerca da pressão contínua para decidir, e agir, mais rapidamente que o inimigo, bem como alguns artificios utilizados para atingir este fim, de forma estruturada (são exemplos a regra do um-terço/dois-terços, ou o planeamento paralelo e colaborativo). Acredita-se que, o AIPB, integrado no SIGOp, é um forte contributo para tal fim.

Bibliografia

- Marques, J., Nunes, I., Imperial, N., & Lopes, I. (2019). *Análise do IPB obtido por processos automáticos*. Lisboa: Instituto Universitário Militar.
- Ministério da Defesa Nacional. (2007). PDE 5-00 - *Planeamento Tático e Tomada de Decisão*. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.
- Ministério da Defesa Nacional. (2010). PDE 02-09-00 - *Estudo do Espaço de Batalha pelas Informações (IPB)*. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.
- Silva, R. (2019). *Análise do IPB obtido por processos automáticos*. Lisboa: Instituto Universitário Militar.

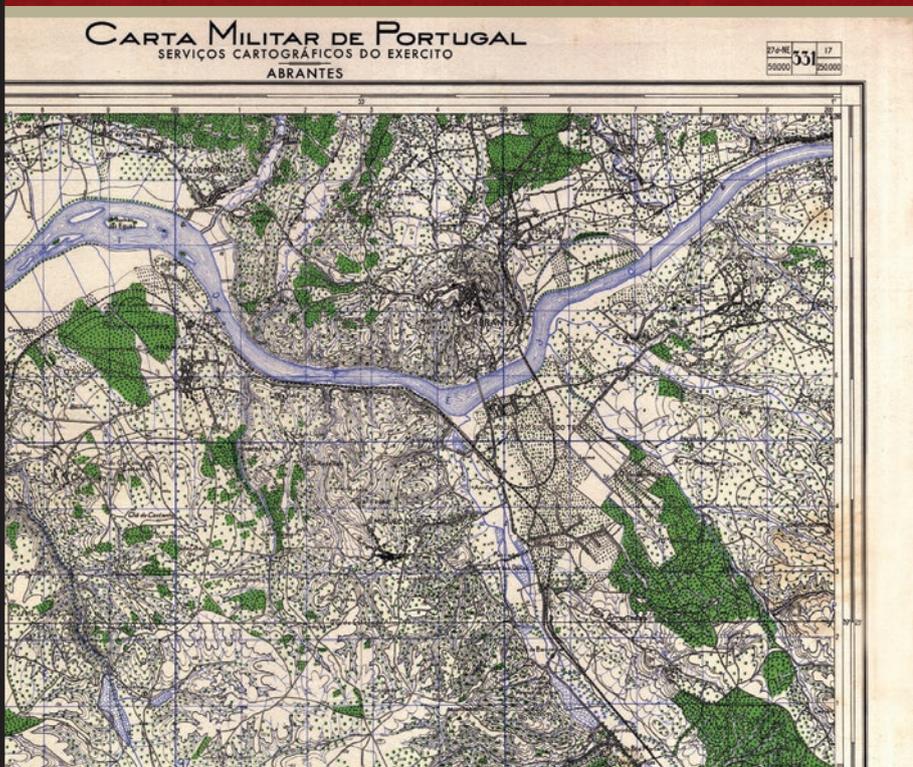


A obra, lançada por ocasião das comemorações do 88.º aniversário do Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), reúne um conjunto de memórias de um passado cujos caminhos constituíram as referências daquilo que é hoje o CIGeoE. Pretendeu-se incluir uma componente colaborativa, envolvendo aqueles que vivenciaram os diferentes momentos de evolução da Cartografia. Foram os feitos realizados pelos homens e mulheres que nos antecederam que se pretendeu perpetuar e partilhar com as novas gerações, apelidadas de nativos digitais, valorizando os pequenos acontecimentos que, na época, representaram os grandes momentos de transição e de mudança na Cartografia Militar e do país, e por muitos desconhecidos. Só assim seremos dignos e merecedores do rico património que os nossos antepassados arduamente construíram e confiadamente nos legaram, sendo esta a maior justiça e a melhor homenagem que lhes poderemos prestar.



O legado Cartografia conhecer o passado presente e perspe

Quando o atual Diretor do CIGeoE me lançou o desafio para dar forma escrita a um conjunto de memórias que refletisse o legado histórico dos Serviços Cartográficos do Exército, materializada pela obra “O legado da Cartografia Militar: conhecer o passado para compreender o presente e perspetivar o futuro”, encarei o projeto com preocupação e também com entusiasmo.





da fina Militar:

do para compreender o
ativar o futuro – A obra

Fernando Soares

Coronel de Artilharia (REF)

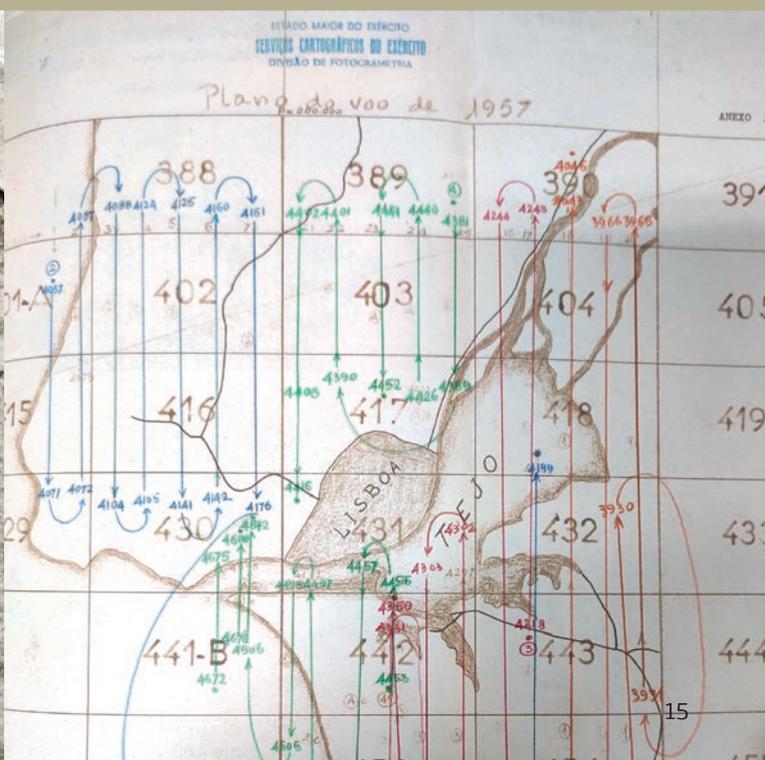
Engenheiro Geógrafo

fsoares@lgeoe.pt

Com preocupação, pela responsabilidade que recaía em mim de escrever sobre um estabelecimento militar que comemorará, em pouco mais de uma década, o seu centenário, devendo a sua génese à determinação e persistência de um punhado de oficiais que tiveram a perceção e a visão para levar adiante um projeto de capital importância, não só para a defesa do país, mas também para o seu desenvolvimento. Por outro

lado, o entusiasmo de vir a encontrar factos e material que permitiria entender melhor a realidade de outras épocas, as curiosidades só conhecidas por quem as vivenciou, tornavam igualmente aliciante o desafio..

Os feitos e a obra criada no passado representam os grandes momentos de transição e de mudança na Cartografia Militar e do país, por muitos desconhecidos, um conjunto de pequenas memórias de





Após ter deixado as instalações do Estado-Maior do Exército, os SCE mudaram-se para uma moradia na Avenida António Serpa, próximo do Campo Pequeno (à esquerda); as atuais instalações do CIGeoE, nos Olivais (em cima)

um passado cuja grandiosidade projetou o futuro, que hoje é o presente. Muitas vezes esses pequenos momentos só são valorizados e assumem verdadeiro significado quando se compara o passado com o presente, potenciados pelo facto do efeito da globalização ser “algo recente”.

Dos primeiros anos de vida dos Serviços Cartográficos do Exército (SCE) até à sua estabilização e consolidação na organização militar, não foram esporádicos os períodos de dificuldades sentidas naqueles Serviços. Um deles, recorrente durante quase meio século, foi a falta de infraestruturas

com condições adequadas para albergar os SCE, os quais, desde muito cedo, se antevia que viessem a desenvolver-se e a crescer a curto prazo.

As sucessivas mudanças de instalações (por cinco ocasiões) que rapidamente se tornavam exíguas para acomodar o pessoal, os equipamentos, a documentação e também uma reserva de guerra das cartas com interesse para a defesa do país, que crescia ano após ano, a par do incêndio que deflagrou no ano de 1975, a transição da época analógica para a digital, com a consequente evolução tecnológica dos equipamentos, a transformação e adaptação de novos processos e metodologias de trabalho, podem ser apontados como causas que contribuíram para o desapare-

cimento de muitos documentos, representando hiatos temporais em alguns períodos da história da Cartografia Militar.

Como em qualquer trabalho de investigação, a relevância e a importância das fontes, o rigor, o detalhe e a análise são fatores fundamentais para a credibilização de uma obra, tendo esta sido facilitada pelo caráter objetivo dos factos compilados. Durante vários meses foi consultada diversa documentação original, disseminada por diferentes arquivos, como o Arquivo Histórico-Militar, o Arquivo Geral do Exército, a Biblioteca do Exército, o Arquivo da Defesa Nacional, o Arquivo Histórico da Câmara Municipal de Lisboa, os arquivos do Centro de Informação Geoespacial do Exército e, ainda, as conversas havidas com antigos colaboradores do Serviço Cartográfico do Exército e do Instituto Geográfico do Exército.

Porém, o trabalho de investigação foi bastante condicionado pela situação pandémica, causada pelo Coronavírus, e que ainda hoje vivemos, limitando consideravelmente o trabalho de pesquisa *in loco*, tornando impraticável qualquer planeamento para a concretização dos vários tipos de consulta. Quando os diferentes arquivos institucionais abriram as portas ao público, o agendamento era incerto e limitado no espaço e, quando nos calhava em sorte, era diário, ou seja, nos casos de consulta de um grande volume de informação que obrigasse a mais dias de pesquisa, haveria que efetuar novo agendamento.

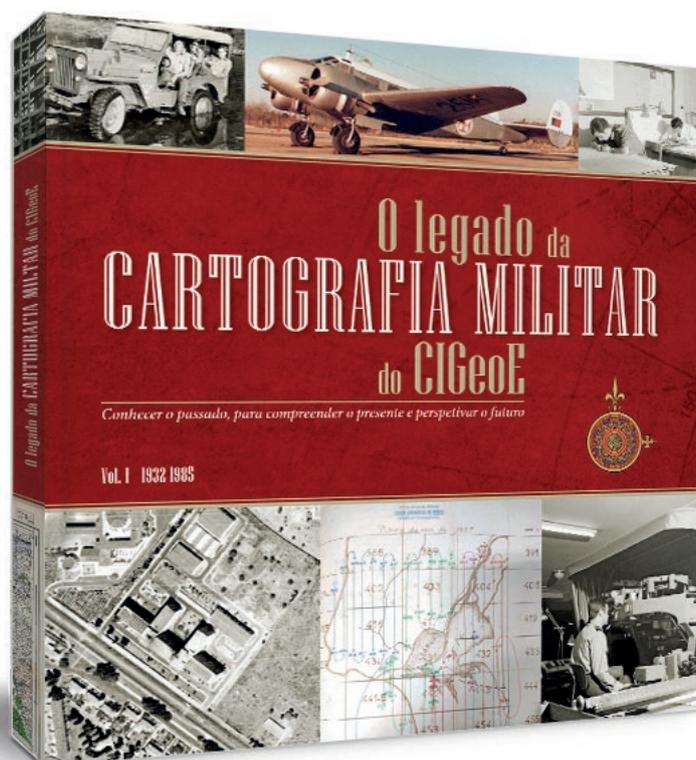
Face ao volume de informação compilada, considerou-se, por uma questão prática de manuseamento e de leitura da obra, que esta deveria ser dada a conhecer ao público em dois volumes, em que a sua divisão teria por base uma referência que, pela sua dimensão, influência e relevância, definisse uma inflexão na produção cartográfica: a introdução da cartografia numérica e a consolidação do sistema de cartografia automática. Assim, a obra completa integra duas partes, a última das quais a ser publicada durante o próximo ano de 2021:

- Volume I – Dos Serviços Cartográficos do Exército ao Sistema de Cartografia Automática (1932-1985);
- Volume II – Da Evolução do Sistema de Cartografia Automática à Atualidade (1986-2020).

A tecnologia que hoje é colocada à disposição das mais variadas atividades da sociedade, onde se inclui a ciência (e a arte) de fazer Cartografia, não deverá abstrair as técnicas e metodologias outrora utilizadas, para que o leitor se aperceba do enquadramento dos factos, mas, também, porque muitos dos princípios base que sustentam essa tecnologia continuam a ser os mesmos de outrora. O presente apenas se compreende na plenitude através do conhecimento do passado.

O objetivo da obra foi reunir um conjunto memórias, algumas delas recolhidas de forma colaborativa, envolvendo aqueles que vivenciaram os diferentes momentos de evolução da Cartografia, para que o produto final resultasse num tributo àqueles que, com Honra, trabalho e dedicação, escreveram a história da Cartografia Militar e do país, refletisse a importância e o Valor que esse empreendimento coletivo representou para o desenvolvimento nacional e projetasse a Fama que a instituição granjeou na sociedade portuguesa, contribuindo, com o seu esforço, prestígio e credibilidade, através da investigação e do conhecimento científico, para a afirmação de Portugal além fronteiras.

Mas a obra também aflora o futuro, numa permanente busca de respostas para os novos desa-



Capa do primeiro volume da obra



O Monumento ao Cartógrafo, símbolo de gratidão aos militares e civis que colaboraram na construção da Cartografia Militar Portuguesa

fios, como sejam a segurança dos sistemas, dos dados e das pessoas, os receios ao nível da ética e das relações interpessoais, a total dependência tecnológica e o apelo à inovação.

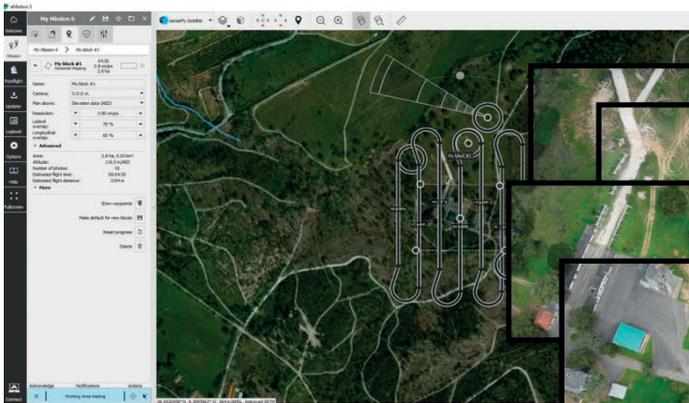
A sociedade atual, da globalização da informação e do conhecimento, tem, recorrentemente, procurado respostas para uma evolução tecnológica que, nas últimas duas décadas, tem assumido dimensões ímpares que se manifestam em todos os setores da sociedade, facto que produziu, e continuará a produzir, alterações profundas na forma como as pessoas irão interagir no relacionamento social, cultural e profissional.

A antevisão do futuro próximo tem-nos revelado que o Homem privilegiará a interação com a máquina e as relações interpessoais serão secundarizadas. Os perigos têm sido identificados e expostos, mas o encantamento pelo digital, aquilo que é tecnologicamente mais avançado, faz-nos esquecer os problemas sociais que daí possam advir, desviando-nos do verdadeiro debate sobre os riscos e as ameaças de um crescimento tecnológico desmedido e por vezes “descontrolado”, que tendem a esbater valores

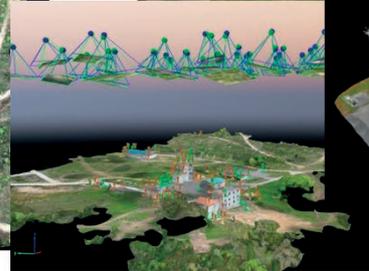
e princípios de unidade, de espírito de equipa, de determinação e perseverança que nortearam aqueles que nos precederam.

Contudo, os processos cartográficos acompanharão naturalmente a evolução tecnológica, como tem sido feito ao longo dos anos. Basta-nos um momento de imaginação para olharmos para a forma como futuramente poderá ser produzida e atualizada a cartografia, talvez descrita do seguinte modo: um topógrafo (ou qualquer outra profissão que possa surgir em sua substituição ...) desloca-se numa viatura autónoma, dentro da qual utiliza uma câmara de vídeo com telemetria que, em tempo real, “transforma” uma vista panorâmica em cartografia 2D/3D, sendo a atualização efetuada remotamente. Uma vez no exterior do veículo, é acompanhado, não do fiel amigo, mas de um drone, que reage ao reconhecimento da sua voz e que vagueia em seu redor, perscrutando os locais, numa caminhada em que o trabalho de campo é realizado através de áudio (à voz), como se alguém estivesse a descrever um passeio a outrem.

Planeamento e voo



Processamento e exploração de dados



Os drones, ferramentas de apoio geoespacial, uma realidade atual com elevado potencial para a Cartografia

No próximo decénio, o CIGeoE, herdeiro das tradições e do espólio das instituições que o antecederam, celebrará um século desde que alguns militares acreditaram no valor estratégico que representava a cartografia, não só para a Defesa, mas também para o desenvolvimento do país. Sem dúvida um punhado de distintos visionários a quem estamos profundamente gratos pela história que hoje se conta.

Temos consciência de que a simplicidade e a exiguidade das palavras são insuficientes para descrever a magnitude da obra de uma instituição que, ao longo dos seus 88 anos de existência, tanto

tem contribuído para dignificar o país e prestigiar o Exército Português.

Certos de que outros continuarão a escrever a História e a contá-la com elevação e orgulho, preservando e honrando o legado dos seus antecessores.

O que diria, sobre o futuro imediato, o General Carlos Maria Pereira dos Santos, o primeiro Chefe dos SCE e o responsável pelos estudos que mais tarde possibilitaram a criação dos SCE? Por certo seríamos loucos! Uma loucura sã, de quem é visionário e perspetiva o futuro, tal como o fizeram os Oficiais do Exército que deram voz e forma ao que hoje é a Cartografia Militar Portuguesa.



A informação geoespacial precisa e exata, relevante e oportuna é fundamental em todo o espectro das atividades militares contribuindo significativamente para o planeamento e desenrolar das operações. O apoio geoespacial, através da aquisição, análise, contextualização, visualização e disseminação da informação georreferenciada, desempenha um papel essencial para compreender a área de operações de forma a melhorar e agilizar todo o processo de decisão. A UnApGeo é a combinação de tecnologia, meios, capacidades, procedimentos, treino, recursos humanos especializados e dados em que todos eles de forma concertada, possibilitam criar, modelar, geoprocessar, analisar e visualizar produtos geoespaciais exatos, oportunos e úteis para o planeamento e condução das operações ofensivas, defensivas, estabilização e de apoio civil.

Apoio

Ricardo Moreira

Major de Artilharia

Engenheiro Geógrafo

Centro de Informação Geoespacial do Exército

rmoreira@igeeo.pt

A gestão da informação assume particular importância no desenvolvimento das operações militares e tem como principal desafio a disponibilização de informação coerente, precisa e oportuna de forma a apoiar o Processo de Decisão Militar (PDM).

A informação geoespacial é a base da imagem operacional nos vários escalões, permitindo através de análises complexas, obter superioridade da informação e adquirir uma noção da realidade envolvente das operações. A capacidade de combinar a localização geográfica, as características naturais existentes no terreno e as construções artificiais edificadas com a informação adicional relacionada com a operação, é fundamental para visualizar e analisar a zona de operações e constitui-se como um elemento de informação essencial para todo o tipo e espectro de operações e um facilitador de todo o PDM.

Mapas, cartografia e imagens proporcionam informações detalhadas e um conhecimento importante acerca de uma área de missão e são intensivamente usados para o planea-

mento em todos os níveis de comando afetando todo o espectro de atividades militares nos níveis estratégico, operacional e tático. No entanto, no contexto militar, a capacidade geoespacial é muito mais do que isso e tem por objetivo providenciar uma visão multidimensional da área de operações, melhorando a consciência situacional (*Situational Awareness – SA*), o conhecimento e a compreensão do Teatro de Operações (TO) e o processo de decisão ao longo da estrutura de comando e controlo, reduzindo as incertezas e acelerando as decisões.

A *Common Operational Picture (COP)* é um requisito operacional de alta prioridade, que consiste numa imagem operacional comum, capaz de integrar dados georreferenciados, correlacionados e validados provenientes de diversas fontes e que deve ser disponibilizada a toda a estrutura de comando com a finalidade de criar uma SA comum e facilitar o planeamento colaborativo.

Os especialistas geoespaciais adquirem, analisam, exploram, armazenam e disseminam informação geoespacial para alicerçar a COP e quando integrados no estado-maior em planeamento, facultam ao comandante uma visualização do terreno através de análises específicas que permitem um entendimento e uma melhor perceção do ambiente operacional, fornecendo esclarecimentos sobre o ambiente físico e os seus efeitos operacionais.

O apoio geoespacial contribui para processos de monitorização, análises de risco e identificação de ameaças através da sua capacidade de referenciar informação no espaço e no tempo, associada a uma elevada rapidez de análise e exploração dos dados. A inteligência geoespacial (*Geospatial Intelligence – GEOINT*) desempenha um papel fundamental devido à sua capacidade de integrar as restantes disciplinas das informações e por essa razão contribui e apoia as decisões políticas, estratégicas, operacionais e táticas.

A análise geoespacial é constituída por uma série de procedimentos para explorar e visualizar informação e dados estruturados através de mapas. Efetuando análises geoespaciais e geoprocessamentos de informação vetorial/matricial é possível disponibilizar informações para apoiar a tomada de decisão.

O apoio geoespacial melhora a eficiência do pessoal, o tempo de resposta e aumenta o controlo, gestão, adaptação e flexibilidade das operações, por outras palavras, melhora o desempenho operacional ao nível da assertividade e do tempo de decisão.

UnApGeo - Unidade de Apoio Geoespacial

A UnApGeo teve a sua origem tendo em consideração a crescente integração da área geoespacial no processo de decisão, nomeadamente em termos da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN). A ambição de alcançar superioridade de informação juntamente com a crescente necessidade de apoio em outras missões de interesse público, designadamente no Apoio Militar de Emergência (AME), e o apoio às Forças Nacionais Destacadas (FND), exigem uma utilização flexível da UnApGeo em diversas missões, quer de âmbito nacional quer internacional.

A UnApGeo é um elemento congregador do conhecimento e da aplicação operacional da informação geoespacial no Exército e nas Forças Armadas, potenciando a evolução dos sistemas de apoio ao PDM e do acompanhamento das forças em todo e espectro das operações militares no âmbito do emprego nacional e internacional, bem como da proteção civil em situações de emergência e catástrofe. O conhecimento do terreno e a sua caracterização resultam dos vários tipos de análise passíveis de realizar pela UnApGeo tornando-a num elemento indispensável no estado-maior das Grandes Unidades operacionais, das FND e de quaisquer outras forças conjuntas e/ou combinadas que venham a ser constituídas.

A UnApGeo tem por principal missão conduzir o apoio geoespacial dentro da área de operações de uma unidade de escalão Brigada, garantindo a disponibilidade e interoperabilidade de todos os produtos georreferenciados.



Figura 1 - Símbolo da Unidade de Apoio Geoespacial

A sua organização modular, permite à UnApGeo atuar de forma isolada em apoio de uma Brigada ou integrar o Agrupamento ISTAR (*Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance*). Pode ainda destacar módulos para apoiar Unidades Escalão Batalhão quando projetadas como FND.

A UnApGeo é constituída pelos módulos de operações, controlo técnico, análise geoespacial e aquisição de dados, articulando-se de forma a complementar e interligar o conhecimento, os dados de fontes diversificadas, os sistemas de informação geográfica, os meios humanos com formação técnica específica, o *hardware* e *software*, de modo a garantir um funcionamento eficiente e pró-ativo.

ração, Armazenamento e Disseminação de informação geoespacial, incluindo as capacidades de GEOINT e *Imagery Intelligence* (IMINT), sendo estas atividades enquadradas pelas normas em uso na OTAN.

A UnApGeo apoia o planeamento e a execução de exercícios operacionais, incluindo o desenvolvimento e validação de cenários, apoiando o desenvolvimento das operações militares com produtos, análises e serviços geoespaciais. Tem participado a nível nacional e internacional em diversos exercícios, sendo reconhecida como uma mais-valia para o planeamento e para a condução das operações nos escalões Brigada e Batalhão.

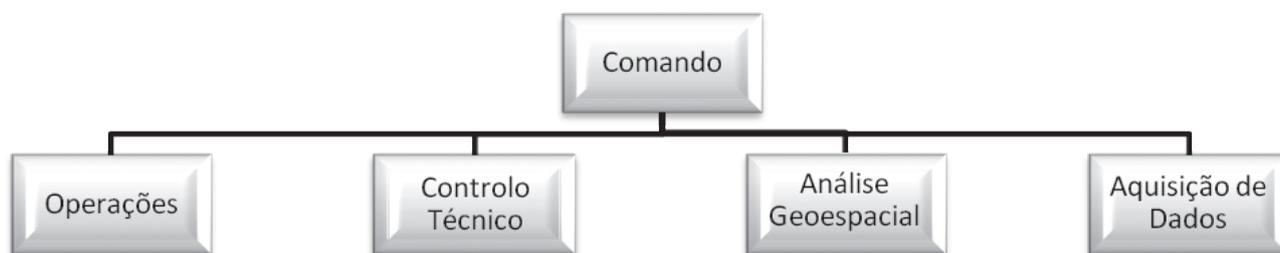


Figura 2 - Organograma da UnApGeo (Quadro Orgânico 09.07.17)

Com a *Full Operation Capability* da UnApGeo, prevista para 2026, o Sistema de Forças Nacional e o Exército, ficarão dotados de acordo com a Figura 3, com a capacidade de Aquisição, Análise, Explo-

A UnApGeo fornece uma referência física da área de operações, essencial para avaliações, planeamento, manobra e ação coordenada, através da disponibilização de informação compósita de imagens satélite, fotografias aéreas, modelos digitais do terreno, cartografia (*raster* e *vetor*), geoprocessamento e análises geoespaciais.

Os dados geoespaciais em operações são processados pela UnApGeo, de forma a elaborar mapas, produtos e análises que são depois difundidos pelas diversas áreas funcionais e simultaneamente permitir a sua visualização e manipulação no SIGOP (Sistema de Informação Geográfica para Apoio às Operações), para que todos os utilizadores possam sobrepor a informação produzida e visualizar o transparente editado que melhor se adequa às suas necessidades de planeamento.

A capacidade geoespacial melhora a gestão do conhecimento e a disponibilização de análises, produtos e serviços aos comandantes, estados-maiores em planeamento e subunidades permitindo que estes tenham um conhecimento do espaço físico integrado para uma melhor execução de operações e atividades operacionais em conformidade com os procedimentos, doutrinas e padrões da OTAN.

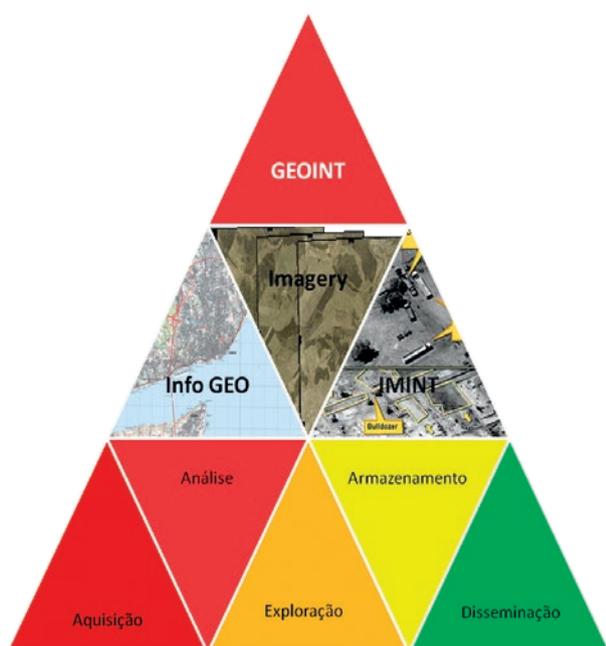


Figura 3 - Capacidades da UnApGeo

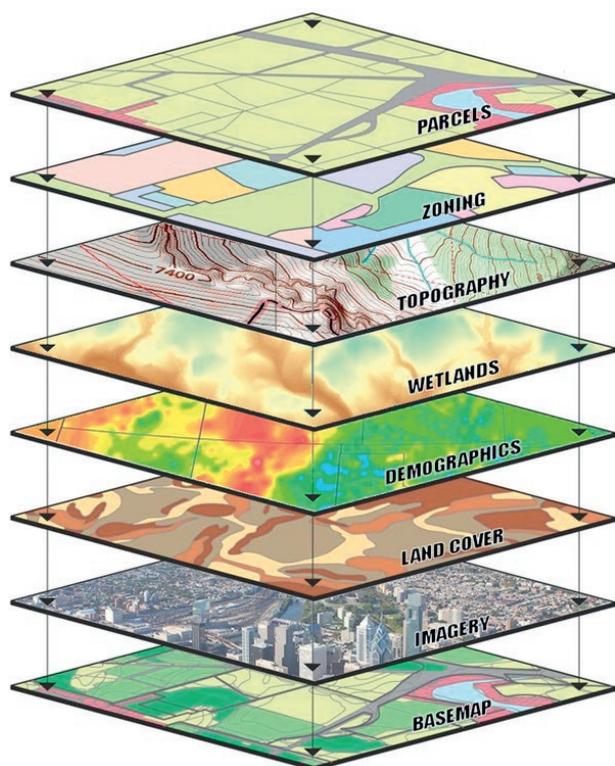


Figura 4 - Layers de informação geoespacial (U.S. Geological Survey, 2020)

Apoio Geoespacial na OTAN

Para a OTAN, o ambiente operacional no futuro, será extremamente dinâmico, ambíguo, complexo e incerto, exigindo forças militares credíveis, interligadas, ágeis e capazes de enfrentar inúmeros desafios, mas também aptas para explorar as diversas oportunidades.

A política geoespacial da OTAN exige que todos os seus membros desenvolvam a sua atividade operacional usando um “mapa único” e responsabiliza cada nação por um “apoio geoespacial integral”.

A OTAN e os seus Aliados reconhecem a importância do apoio geoespacial no PDM e a necessidade de se adaptar a um complexo, dinâmico e imprevisível ambiente em rápida evolução. Reforçou por isso a sua postura no apoio geoespacial, adotando medidas concretas para melhorar a SA, tendo em vista o contributo para o sucesso operacional.

É essencial que sejam usados os mesmos dados geoespaciais para o planeamento operacional de forma a garantir a coerência de todas as atividades que concorrem para o PDM. Este apoio deve incluir informações geoespaciais que contribuem para alcançar a superioridade das informações no espaço de batalha, gerando uma COP aprimorada

que integra informação georreferenciada e uma SA que melhor apoie a decisão.

A OTAN pretende identificar e gerir os requisitos de informação geoespacial para assegurar que a sua estrutura de forças opera sob o mesmo mapa para assegurar os objetivos da missão.

As células geoespaciais (*Geocells*) da estrutura OTAN efetuam a aquisição, produção, manutenção e disseminação de *Web Services* (serviços transferência de dados através de protocolos de comunicação para diferentes plataformas) e produtos geoespaciais. Os dados geoespaciais utilizados pela OTAN podem ser adquiridos, cedidos pelas nações ou produzidos pelas próprias *Geocells* que integram a sua estrutura. Através do *NATO Standardization Office* (NSO), a OTAN promove a normalização da informação geoespacial de forma a melhorar a eficácia operacional da Aliança. Promovendo padrões, normas e *Standardisation Agreement* (STANAG) é fomentada a colaboração e a partilha de informação, ajustando sinergias para que todos os membros possam empregar a mesma informação geoespacial em diversos sistemas.

A OTAN dispõe atualmente de um sistema denominado *Core Geographic Information System* (CoreGIS) com a finalidade de prover dados geoespaciais idênticos a todos os aliados, garantindo o fornecimento de informação geoespacial exata, oportuna e validada que melhor apoie os Sistemas de Comando e Controlo (SC2).

A implementação do CoreGIS na OTAN, teve início em 2006, através de uma parceria da *Siemens Enterprise Communications* e da *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) em que a Siemens implementou a gestão de projetos, as comunicações, a segurança e o *hardware* e a ESRI forneceu todos os recursos geoespaciais. O CoreGIS da OTAN fornece informações geoespaciais a todos os comandos da OTAN e a todos SC2. O sistema fornece dados, produtos e serviços cartográficos e aplicativos baseados em servidor para adquirir, gerenciar, produzir, manter e publicar todas as informações geoespaciais.

Todos os membros, nos comandos da OTAN podem aceder à informação geoespacial através do visualizador CoreGeo Viewer, através do *ArcGIS*, ou utilizando outros aplicativos que cumpram as especificações do *Open Geospatial Consortium* (OGC).

Isso significa que todo o pessoal da OTAN tem acesso à mesma estratégia de informações e produtos geoespaciais, quer estejam na estrutura de comando ou numa missão de segurança liderada

pela OTAN, de forma a garantir que todos utilizam o mesmo mapa na perspectiva de “operate off the same map”.

A informação geoespacial é a base de qualquer quadro operacional, relacionando o ambiente físico com a localização geográfica e com outras informações adicionais importantes para o SC2 e para os sistemas de armas. O CoreGIS da OTAN é essencial para alcançar esse objetivo na Estrutura de Comando da OTAN (NATO Command Structure - NCS), fornecendo serviços geoespaciais digitais para SC2 e para todos os Serviços Funcionais (Functional Services - FS).

A organização da OTAN está subdividida pela estrutura civil, estrutura militar e pelas organizações e agências. A NCS está sob a autoridade do Comitê Militar (Military Committee – MC), que é a mais alta autoridade militar da OTAN e é composto pelos Chefes de Defesa de todos os países membros. De acordo com a Figura 5, o NCS subdivide-se em dois comandos estratégicos, o Comando Aliado para a Transformação (Allied Command Transformation – ACT) e o Comando Aliado para as Operações (Allied Command Operations – ACO). O ACT está sob o comando do Supremo Aliado Comandante de Transformação (Supreme Allied Commander Transformation – SACT) e está na vanguarda da transformação militar da OTAN. O ACO, com sede no SHAPE (Supreme Headquarters Allied Powers Europe) está sob o comando do Supremo Aliado Comandante da Europa (Supreme Allied Commander Europe – SACEUR) e é o responsável pelo planeamento e execução de todas as operações militares da OTAN.

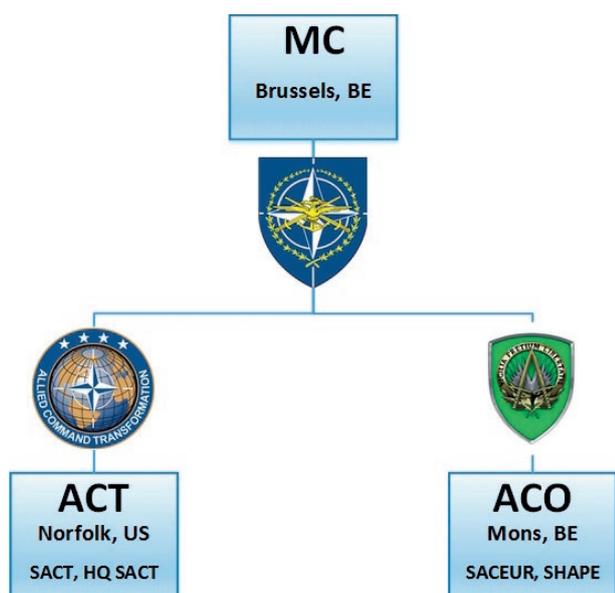


Figura 5 - Comitê Militar da OTAN - NATO Military Committee (MC)

O ACT tem por principais responsabilidades a formação, o treino e os exercícios de interoperabilidade entre os países da Aliança. Promove o vínculo transatlântico entre a Europa e a América do Norte e impulsiona a divisão equitativa de tarefas, riscos e responsabilidades entre os aliados. De acordo com a Figura 6, o ACT comanda o Joint Analysis and Lessons Learned Centre (JALLC), o Joint Force Training Centre (JFTC) e o Joint Warfare Centre (JWC).

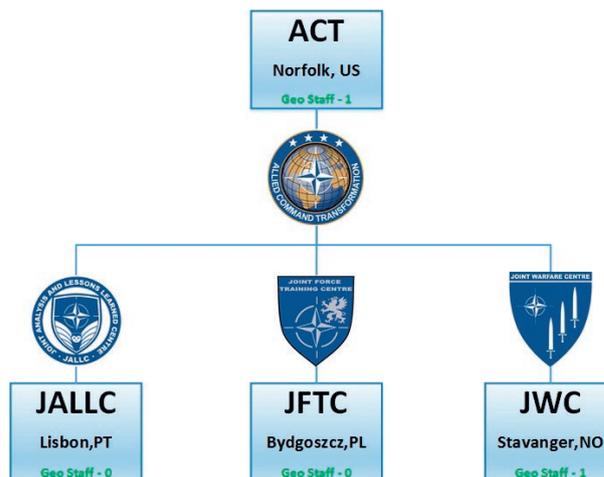


Figura 6 - NATO Command Structure (NCS) - Allied Command Transformation (ACT)

O ACO encontra-se num nível estratégico e além dos comandos das forças conjuntas (Joint Force Command Headquarters – JFC HQ) está organizado em comandos de nível tático, com sedes dedicadas, para as áreas marítimas, terrestres e aéreas. De acordo com a Figura 7, o ACO comanda os JFC HQ de Brunssum, Naples e Norfolk, o Joint Support and Enabling Command (JSEC), o Allied Maritime Command (MARCOM), o Allied Air Command (AIRCOM), o Allied Land Command (LANDCOM) e o NATO Communications & Information Systems Group (NCISG).

Sob o comando do SACEUR, Figura 8, na estrutura de forças da OTAN (NATO Force Structure – NFS) estão os Rapidly Deployable Corps (RDC) da componente terrestre, que são comandos de prontidão, preparados para rapidamente serem projetados para qualquer região e liderarem forças militares da OTAN numa ampla natureza de missões, desde a gestão de desastres, assistência humanitária, apoio à paz, antiterrorismo e guerra de alta intensidade. A relação entre a NCS e a NFS deve garantir que todos os HQs (Headquarters –

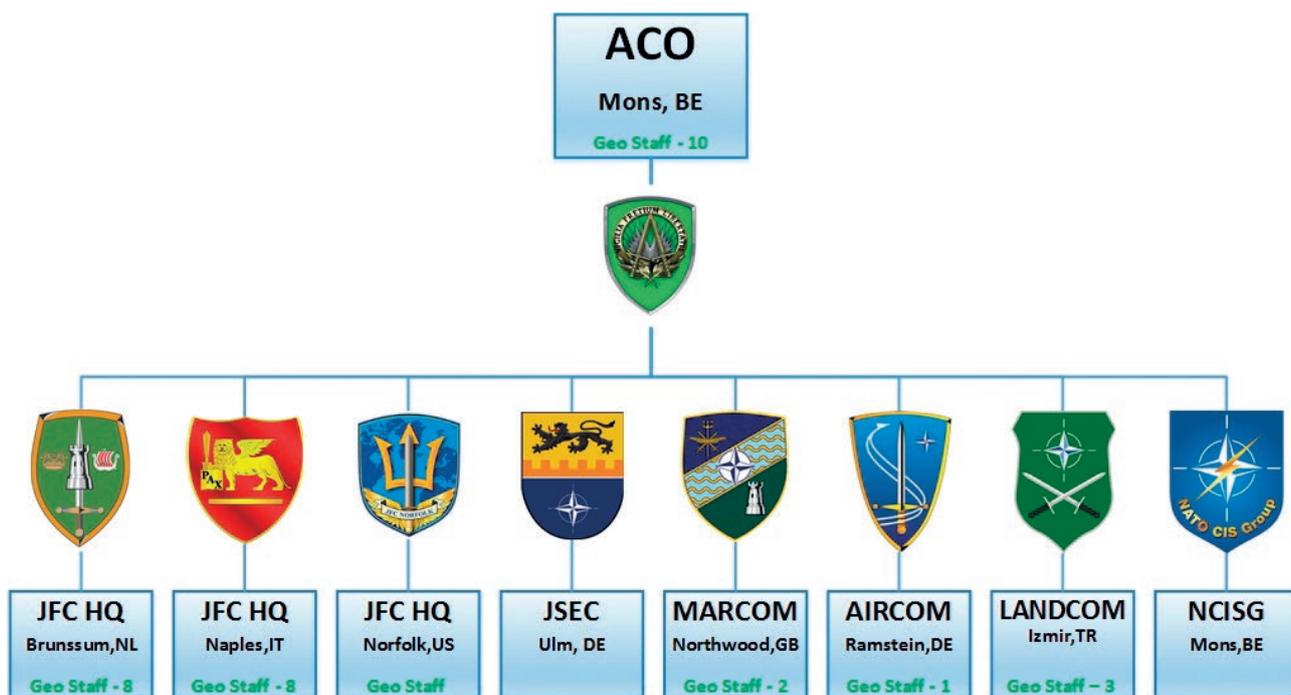


Figura 7 - NATO Command Structure (NCS) - Allied Command Operations (ACO)

HQ) podem comandar as operações de teatro sob o mesmo padrão comum e que os vínculos são semelhantes entre todos. Estes RDC fornecem os seus estados-maiores e agrupam forças multinacionais com um elevado grau de flexibilidade e prontidão. Atualmente existem nove RDC, cada um capaz de enviar os seus primeiros elementos num prazo de dez dias e enviar toda a força num prazo de dois meses. Os RDC têm a disponibilidade de recursos e meios, permitindo operar no largo espectro de missões e ambientes operacionais. Cada um des-

tes RDC, no seu processo de certificação, atravessa um intenso programa de avaliação operacional em várias áreas de capacitação. Estes RDC estão abertos aos contributos e participações de todas as nações da OTAN (*NATO Nations – NN*).

Encontra-se identificado na Figura 6, Figura 7, Figura 8, a presença do Geo Staff (especialistas isolados ou *Geocells* constituídas) ir-se-á de seguida salientar o empenhamento geoespacial na NCS e NFS. O ACT coordena as contribuições geoespaciais para o desenvolvimento de capacidades no

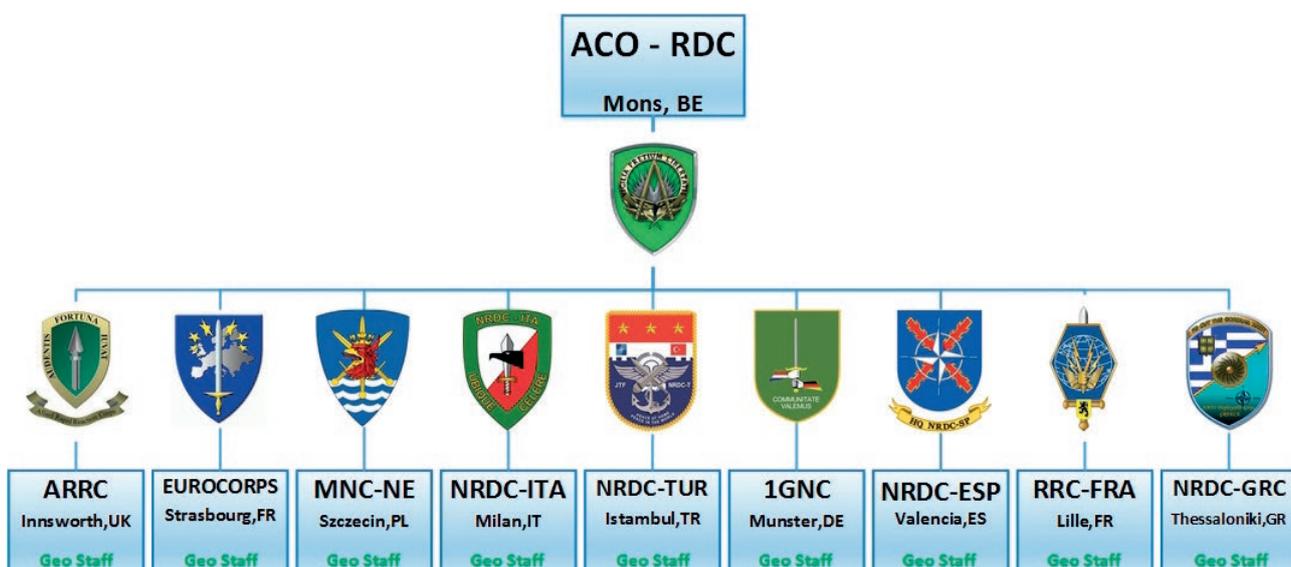


Figura 8 - NATO Force Structure (NFS) - Rapid Deployable Corps (RDC)

contexto do processo de planeamento da OTAN e promove a investigação e o desenvolvimento no apoio à transformação na área do apoio geoespacial. Atua como um centralizador para a entrada de requisitos de capacidade geoespacial, coordenando as atividades de padronização e normalização da informação geoespacial. O ACT lidera a formação técnica e o treino específico para militares nomeados para desempenho de cargos e funções de apoio geoespacial na OTAN. O ACT é o responsável por estabelecer a ligação com a indústria e com a comunidade geoespacial e é responsável por desenvolver e coordenar a visão geoespacial da OTAN. No âmbito geoespacial o JWC ministra o treino no nível operacional em apoio às operações, conduz o treino coletivo de equipas conjuntas da NCS e NFS para operações conjuntas, apoia o desenvolvimento de novos conceitos, tecnologias, modelação e simulação e desenvolve as configurações de cenários em uso nos exercícios da OTAN. O JALLC realiza análises conjuntas das operações e dos exercícios e apresenta lições aprendidas referentes ao apoio geoespacial na OTAN. O JFTC apoia o treino das forças da OTAN para melhorar a interoperabilidade

tática conjunta e combinada e para preparar os elementos dos estados-maiores que apoiam os comandantes com análises geoespaciais no nível tático.

O ACO coordena, planeia e direciona o suporte geoespacial para as operações da OTAN, gere os relatórios de aquisição de informação geoespacial, coordena os requisitos da informação geoespacial referentes aos critérios de standardização e, efetua a gestão das aprovações por parte das NN referente à cedência de informação geoespacial a entidades não OTAN, tais como a organizações não-governamentais (*Non-Governmental Organizations* - NGOs) e as organizações internacionais (*International Organizations* – IOs). A equipa geoespacial do ACO fornece todo o suporte geoespacial, difunde a informação geoespacial através do CoreGIS e partilha os serviços de produção/análise geoespacial a todo o SHAPE. Para apoiar estes processos de gestão de dados, o ACO recorre aos contributos das NN, do *Multinational Geospatial Support Group* (MNGSG) e dos serviços geoespaciais da *NATO Communications and Information Agency* (NCIA).

Nos JFC HQ as tarefas e as responsabilidades geoespaciais são fornecer o apoio geoespacial a

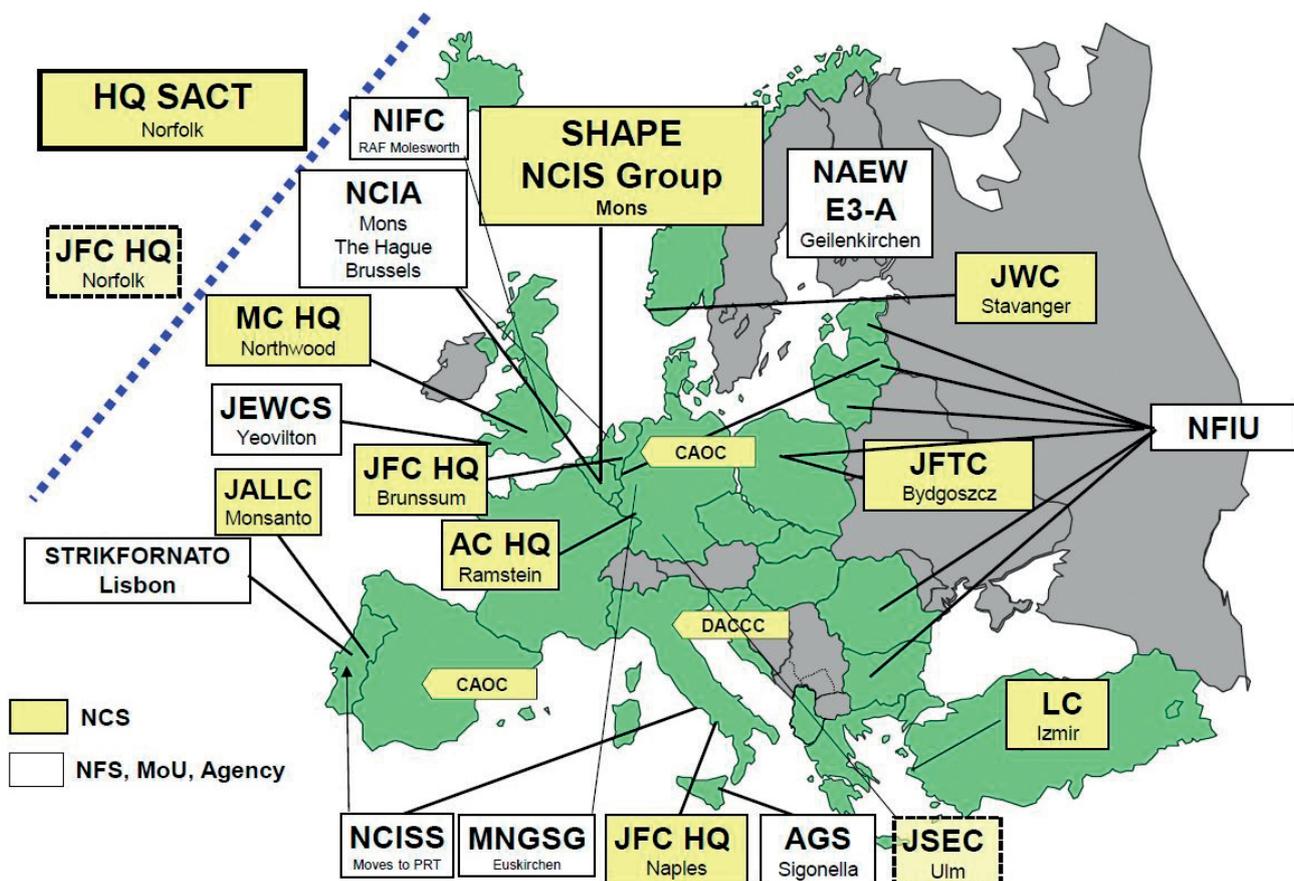


Figura 9 - Localização da NCS, NFS, agências e parceiros da OTAN (Ryder, 2019)

todo os elementos e células do HQ, apoiar a manutenção e disseminação da *Geospatial List* (GEOLIST - Lista mantida por um comando operacional, com identificação das edições autorizadas de informação geoespacial), disseminação da informação geoespacial, coordenação com a NCIA e outras agências para adquirir e produzir informação que não pode ser obtida com os recursos disponíveis nos TO, coordenar a introdução oportuna no TO dos produtos em formatos e padrões que são imediatamente utilizáveis e exploráveis por todas os especialistas geoespaciais e pelos sistemas em uso.

Na Figura 9 é possível ter uma percepção de como está distribuída geograficamente as principais entidades da NCS, da NFS e agências da OTAN.

De acordo com a Figura 10, o apoio geoespacial e os seus especialistas, desempenhando funções em Geocells ou ocupando cargos na estrutura e agências da OTAN, desenvolvem atividades aos vários níveis da OTAN.

Qualquer nação aliada pode contribuir para a organização geoespacial da OTAN garantindo o desempenho técnico no ambiente multinacional das operações aliadas. A interoperabilidade multinacional, na prática do Comando e Controlo e fluxo de informação no circuito do apoio geoespacial de acordo com a cultura e estrutura de forças da OTAN,

deverá ser uma prioridade no desenvolvimento nacional da capacidade geoespacial. A crescente importância da área geoespacial na OTAN estimulou as NN a ocupar cargos internacionais específicos nesta área e a exemplo, na Tabela 1, apresenta-se a organização geoespacial do ACO, com identificação dos postos a que se destinam e quais os países aliados que atualmente são responsáveis por os garantir. De forma semelhante, o Exército Português deve identificar cargos e funções na OTAN para serem ocupados por especialistas geoespaciais do CIGeoE.

O CIGeoE, e referindo apenas as participações dos seus militares em missões relacionadas com a área geoespacial, no âmbito da OTAN, da União Europeia ou da Organização das Nações Unidas, já participou com oficiais para o cargo de *Chief Geospatial Officer* da EUFOR (missão da União Europeia na Bósnia e Herzegovina) e de *Chief Geospatial Officer* do Comando OTAN em Oeiras (*Joint Force Command Lisbon – JFC Lisbon*), sendo responsáveis pelo apoio geográfico a esse Comando e aos seus Comandos subordinados, e com sargentos para o cargo RSA IIX - *Staff Assistant (Geospatial)*, no Quartel-General da *Resolute Support Mission* (RS) no teatro de operações do Afeganistão e na atualidade com sargentos para prover o cargo de *U2 Imagery Analyst*, no âmbito da MINUSCA, na República Centro Africana.

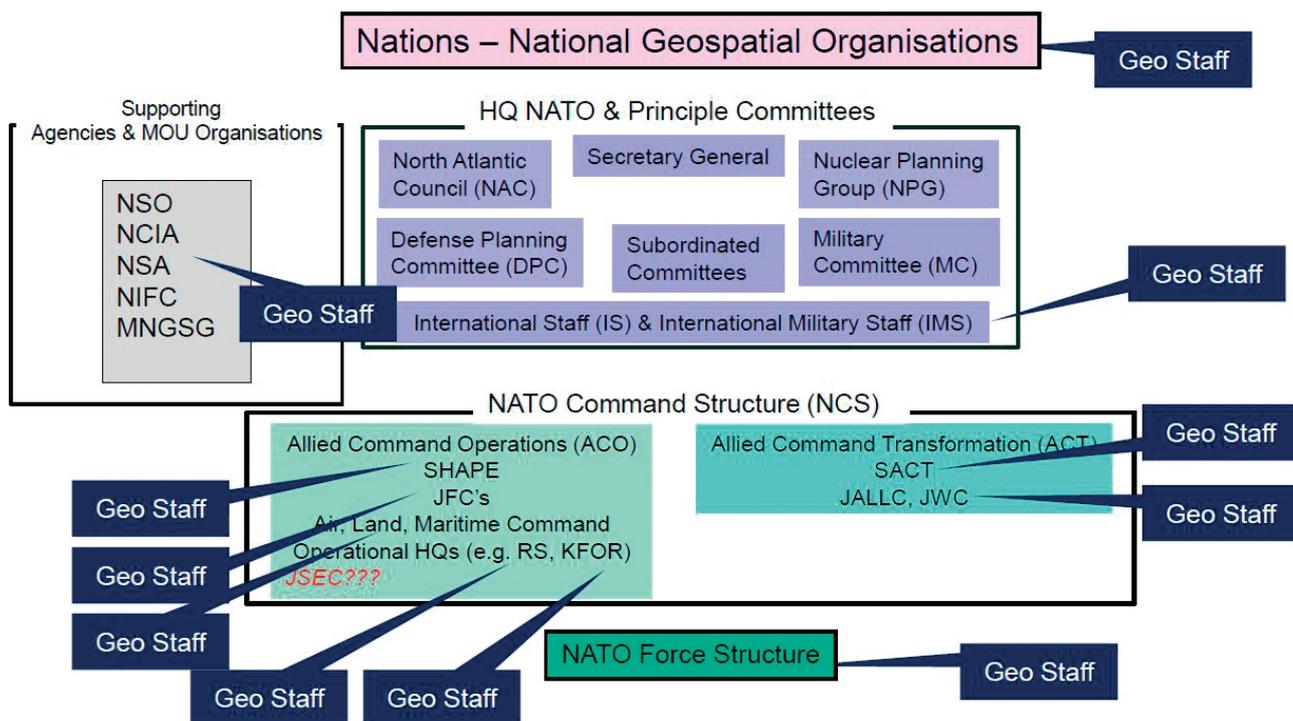


Figura 10 - Comunidade geoespacial (Geo Staff) da OTAN (Ryder, 2019)

Estrutura de Comando OTAN		Cargo/Função	Posto	País
ACO	Shape Mons	Branch Head Geospatial Support	OF-5	ITA
		Section Head Geo Policy, Plans & Concepts	OF-4	GBR
		Staff Officer Geo Policy, Plans & Concepts	OF-3	USA
		Staff Officer Geo Policy, Plans & Concepts	OF-3	GBR
		Section Head Geo Support	OF-4	DEU
		Staff Officer Geo Support (GIS)	OF-3	CZE
		Staff Assistant Geo Support (GIS/Data Man & Analysis)	OR-8	FRA
		Staff Assistant Geo Support (GIS/Data Man & Analysis)	OR-7	DEU
		Staff Assistant Geo Support (GIS/Data Man & Analysis)	OR-7	NU
		Staff Assistant Geo Support (GIS/Data Man & Analysis)	CIV	NIC
	JFC Brunssum	Section Head (Geo Support)	OF-4	GBR
		Staff Officer (Geospatial)	OF-3	DEU
		Staff Officer (Geospatial/Hydro)	OF-3	POL
		Staff Assistant (Geo Technician)	OR-8	DEU
		Staff Assistant (Geo Technician)	OR-8	GBR
		Staff Assistant (Geo Technician)	OR-6	GBR
		Staff Assistant (Geo Technician)	OR-6	USA
		Staff Assistant (Geo Support Database)	CIV	
	JFC Naples	Section Head (Geo Support)	OF-4	GBR
		Staff Officer (Geospatial)	OF-3	USA
		Staff Officer (Geospatial/Hydro)	OF-3	POL
		Staff Assistant (Geo Technician)	OR-8	CAN
		Staff Assistant (Geo Technician)	OR-8	GBR
		Staff Assistant (Geo Technician)	OR-6	CAN
		Staff Assistant (Geo Technician)	OR-6	USA
	MARCOM Northwood	Staff Officers Geo	OF-4	ITA
			OF-2	FRA
		Staff Assistant Geo	OR-7	ITA
	AIRCOM Ramstein	Staff Assistant Geo	OR-6	GBR
	LANDCOM Izmir	Section Head (Geospatial)	OF-3	USA
Technician (Geospatial Analyst)		OF-2	GBR	
Technician (Geospatial Analyst)		OR-8	GBR	

Tabela 1 - Organização geoespacial no *Allied Command Operations* (ACO) - Fonte: Ryder, 2019

Apoio Geoespacial às Operações Militares

A informação geoespacial permite apoiar e sustentar operações militares nas diversas áreas de atividade, de forma a explorar, planejar, executar e auxiliar os comandantes nos seus processos de tomada de decisão nas áreas estratégica, operacional e tática. Na atualidade, o empenhamento militar pode ocorrer em múltiplas localizações geográficas

e em ambientes complexos, em todos os espectros de empenhamento, desde ações de combate até à assistência humanitária, sendo essencial conhecer o ambiente físico, para aprimorar as informações, alcançar superioridade e eficácia nas operações e missões militares desenvolvidas.

As informações geoespaciais constituem a base de qualquer imagem operacional e estabelecem a referência física do espaço de batalha. Toda a ati-

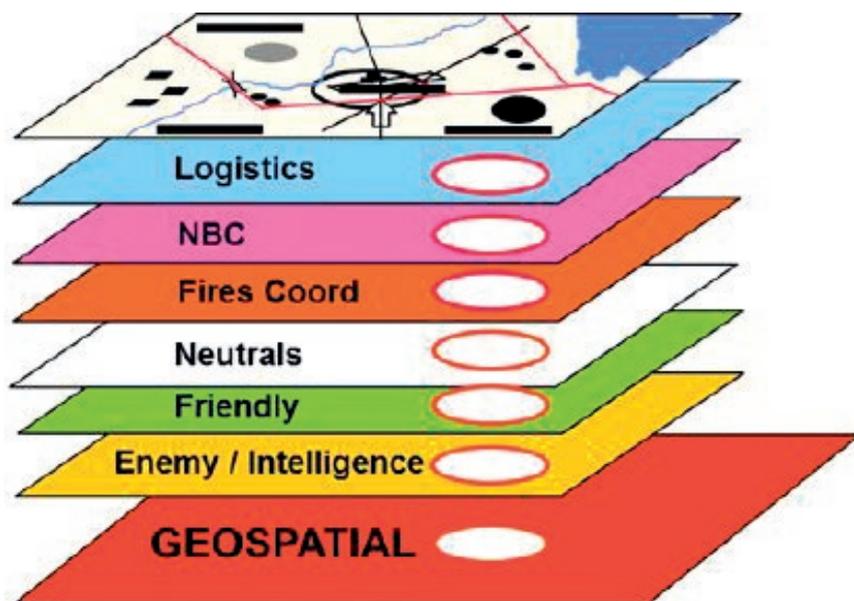


Figura 11 - *Layers* de informação combinadas para o apoio geoespacial (NATO, 2019)

vidade operacional tem um contexto geoespacial e temporal, sendo por isso vital que as informações geoespaciais sejam efetivamente adquiridas, associadas e geridas tematicamente sem conflito e disseminadas de forma a corresponder às necessidades operacionais de comandantes, estados-maiores e subunidades.

A evolução tecnológica dos sistemas de armas, a diversidade de operações e dispersão geográfica das áreas de operações, aumenta a necessidade de apoio geoespacial dedicado com uma cobertura global, com maior resolução espacial e temporal e melhor precisão, integrando informações novas, detalhadas e precisas sobre ambiente geoespacial, bem como facilitando a sua integração nos modernos sistemas de combate.

O apoio geoespacial deve estar disponível desde o início do processo de planeamento para apoiar o comandante e o seu estado-maior. As análises geoespaciais são cruciais para permitir antecipar e explorar a melhor oportunidade para executar e sustentar as operações, bem como para otimizar o emprego de sensores e armas, favorecer a logística, auxiliar na afetação de equipamentos e pessoal, de forma a desenvolver operações eficazes, eficientes, seguras e bem-sucedidas.

O apoio geoespacial explora tecnologias que concertam informações adquiridas com diferentes requisitos, a fim de gerar produtos e análises que atendam às necessidades do planeamento operacional em que o objetivo é fornecer superioridade das informações de maneira contínua, precisa, relevante

e integrada, com provisão coerente e oportuna.

As informações geoespaciais validadas são vitais para as operações e a sua exploração eficiente é fundamental para apoiar a decisão e consequentemente para alcançar o êxito das missões. Quando se relaciona geograficamente informação geoespacial complexa com outras fontes de informação, é possível através de ferramentas de análise geoespacial fornecer produtos refinados e argumentos legítimos para uma melhor e mais rápida decisão.

Usando produtos, análises, modelos tridimensionais e simulações geoespaciais

é possível avaliar de forma mais realista e factual as ameaças, os riscos e as vulnerabilidades, facilitando o planeamento e uma tomada de decisão melhor fundamentada.

A informação geoespacial fornece os alicerces para a visualização da atividade operacional na sua dimensão física e quando combinada com informação não espacial, permite produzir produtos espacialmente precisos capazes de responder eficientemente às solicitações operacionais durante o planeamento e a condução das operações.

O apoio geoespacial, com base na geração de cenários, oferece recursos que permitem comparar, analisar, simular e apoiar diferentes modalidades de ação, fornecendo flexibilidade, adaptabilidade e respostas rápidas para suportar as decisões e desenvolver ações coordenadas.

Apoio Geoespacial às Operações de Emergência

O Exército colabora com os Agentes de Proteção Civil, em todo o Território Nacional e quando solicitado, empenha capacidades específicas, em missões de AME, a fim de contribuir para a proteção e salvaguarda de pessoas e bens. O Exército cumpre a sua missão, empenhando criteriosamente, por capacidades e de forma especializada, os seus recursos previamente habilitados com equipamentos, formação e treino.

Existe uma confiança crescente nas informações geoespaciais dedicadas a situações de emergência,

por parte das organizações não militares, ocasionada por uma lacuna de capacidade dos agentes de proteção civil. A informação georreferenciada íntegra e combina dados de múltiplas e heterogêneas fontes e reforça o apoio a toda a tipologia das operações através do fornecimento de análises de terreno, previsões e mapas de risco ambientais. A capacidade de integrar as diferentes fontes de informação num mesmo sistema e contribuir com conhecimento em apoio do processo de decisão, faz do apoio geoespacial uma importante valência no desenvolvimento das operações de socorro e assistência.

De forma a treinar a capacidade de resposta, num ambiente complexo e ambíguo, das diferentes valências do Sistema Integrado de AME, o Exército inclui no Plano Integrado de Treino Operacional (PITOP) o exercício FÊNIX com a finalidade de treinar o Plano de Apoio Militar de Emergência do Exército (PAMEEX), identificando, desenvolvendo e consolidando procedimentos, fluxos e partilha de informação no âmbito da resposta a emergências com o intuito de consolidar o desenvolvimento da capacidade do AME do Exército.

A produção de cartografia militar, a disponibilização de serviços e os recursos especializados tornam o CIGeoE um elemento essencial para a gestão de crises, apoio a entidades civis e colaboração com os agentes de proteção civil. A UnApGeo do CIGeoE, constitui-se como o Módulo de Apoio Geoespacial em apoio do Posto de Comando Tático da Unidade de Apoio Militar Emergência (UAME) e desenvolve um treino especializado ao nível dos procedimentos técnicos orientados para as necessidades específicas do AME do Exército.

No âmbito do AME, a UnApGeo recolhe informação específica sobre as consequências dos eventos e fornece à UAME e aos diversos módulos a informação indispensável ao processo de decisão. Numa ótica de emprego dual, a UnApGeo através das suas capacidades de Aquisição, Análise, Exploração, Armazenamento e Disseminação apoia a decisão efetiva e a oportuna resposta às diversas situações de emergência, nomeadamente acidentes graves ou catástrofes naturais e no socorro e apoio às populações afetadas.

Apoio Geoespacial às Operações Humanitárias

As crises de natureza humanitária aumentaram significativamente em termos de complexidade e

severidade, exigindo por isso mesmo, um esforço permanente de adaptação e profissionalização em termos do domínio da execução técnica que potencia os recursos materiais e humanos. Toda a informação associada a uma localização é fundamental para um planeamento eficaz, conduzindo a uma gestão otimizada de recursos e evitando a necessidade de reajustamentos inesperados, com o objetivo de diminuir tempos de assistência, melhorar critérios de empenhamento e orientar o esforço dos meios disponíveis.

As operações humanitárias de assistência e ou evacuação são muito distintas das operações militares convencionais, assumindo características particulares dada a natureza política e à relação estreita entre a diplomacia e o grau de empenhamento militar. Esta tipologia de operações de assistência e ou evacuação apresenta um objetivo militar condicionado politicamente com regras de empenhamento bem definidas, uma projeção rápida, um período de operação limitado no tempo e uma preocupação adicional com a segurança dos elementos que são assistidos. Este tipo de operações, com projeção de forças militares para um estado soberano, envolve relações internacionais complexas e está sujeita ao direito internacional.

A UnApGeo através das competências implementadas, colabora na preparação e resposta operacional nas diversas missões de assistência que são mobilizadas dentro e fora do território nacional, competindo-lhe assim a responsabilidade de fornecer o apoio geoespacial ao Exército em situações reais ou de treino operacional, no apoio às populações e na salvaguarda de pessoas e bens no âmbito do AME, no apoio às operações humanitárias e às FND.

Apoio Geoespacial às FND

O apoio geoespacial para uma operação terrestre de qualquer FND é da responsabilidade do Exército, que tem disponível na sua estrutura de forças, na organização do CIGeoE, capacidades implementadas para fornecer cartografia, efetuar análises geoespaciais e produzir relatórios de IMINT e GEOINT.

A mais-valia de um apoio geoespacial para as operações militares, recorrendo a tecnologias avançadas e operadores especializados, é já uma realidade no Exército Português e deve também ser implementado nas FND de forma a garantir um apoio geoespacial dedicado e adaptado à evolução

das necessidades da Força no TO. É fundamental projetar com as FND especialistas em apoio geoespacial que deverão contribuir para o apoio à decisão, integrando e contextualizando a informação geoespacial proveniente de diferentes fontes e em variados formatos. Os especialistas em apoio geoespacial possuem os conhecimentos necessários para responder às necessidades identificadas, efetuar a integração das imagens aéreas recolhidas pelos UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*), elaborar produtos de IMINT, GEOINT, efetuar modelação 3D e outros produtos específicos para o TO.

Nas FND o apoio geoespacial deve explorar e integrar informação proveniente de diversas fontes, facultando informações atuais, detalhadas e precisas para o planeamento e para as operações planeadas e em curso.

Conclusões

No mundo atual, em que o sistema internacional é cada vez mais volátil, incerto, complexo e ambíguo, será necessário Forças Armadas flexíveis e ágeis para intervir e desenvolver operações em crises de natureza e intensidade muito distintas. As ameaças de variada natureza geram diferentes desafios militares que incitam à implementação de novas capacidades para tomar opções, decidir e conduzir as operações. A informação geoespacial é imprescindível ao processo de tomada de decisão militar, colaborando para uma maior flexibilidade, cooperação, utilização de tecnologia moderna e desenvolvimento de conceitos operacionais inovadores, fundamentais para o planeamento e para o sucesso das operações militares.

A informação geoespacial é o elemento integrador e potenciador de outras fontes de informação, sendo fundamental em operações militares decidir sobre o mesmo mapa e com recurso às mesmas ferramentas. O apoio geoespacial é o suporte da interoperabilidade e a chave para a prontidão e eficácia operacional das forças da OTAN. O apoio geoespacial, integra a informação operacional proveniente de diversas fontes, assumindo extrema relevância na disponibilização de uma COP de apoio à decisão, promovendo um planeamento colaborativo e contribuindo para o controlo das operações.

A UnApGeo é uma entidade operacional que fornece suporte adequado às operações, fazendo uso dos recursos e infraestrutura disponíveis, contribui para o desenvolvimento das operações em estreita coope-

ração com entidades militares e civis, servindo como ponto focal para um apoio geoespacial às diferentes tipologias de operações. Dispõem de recursos para desenvolver as capacidades de aquisição, análise, exploração, armazenamento e disseminação de diferentes tipos de análises referentes às informações do ambiente físico, operacional e ambiental. Apresenta uma estrutura modular vocacionada para a aquisição, integração e contextualização da informação geoespacial, numa perspetiva de apoio ao PDM, integrando tecnologias, gerindo processos e fluxos de trabalho segundo a doutrina da OTAN.

O apoio geoespacial às operações militares beneficia o comando e controlo, a execução das tarefas de combate e manobra, as comunicações e a logística de forma a maximizar o potencial de combate. Por outro lado, no apoio à segurança pública e a entidades civis, analisa vulnerabilidades, monitoriza atividades e avalia riscos de forma a preparar o auxílio, a resposta e a assistência a situações de emergência.

O Exército apoia o esforço da Proteção Civil e o seu conceito de emprego incorpora as características de duplo uso das valências já implementadas na estrutura de forças. Após a sua ativação, a UnApGeo colabora para o AME, através da articulação das suas capacidades, assegurando o apoio geoespacial às operações, facilitando o planeamento, comando e controlo, na direção e emprego das forças e meios do Exército.

O apoio geoespacial combina tecnologias, capacidades, doutrinas, procedimentos, recursos humanos, dados e partilha de informação para providenciar uma visão integrada e multidimensional da área de operações de forma a reduzir incertezas, acelerar decisões e agilizar a intervenção militar de qualquer natureza.

Referências Bibliográficas

- Almeida, C., (2018). Integração de dados geográficos na interoperabilidade de sistemas de apoio à decisão. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Coimbra. Disponível em <https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/82260>.
- António, V., (2016). Apoio geoespacial a uma operação NEO. Tese de Mestrado em Informação e Sistemas Empresariais. Associação da Universidade Aberta e do Instituto Superior Técnico. Disponível em <https://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/5537>.

- NATO (2018). Framework for future alliance operations. ACT - Allied Commander Transformation, Norfolk. Disponível em https://www.act.nato.int/images/stories/media/doclibrary/180514_ffao18.pdf.
- NATO (2016). AJP-3.17 Allied joint doctrine for geospatial support.
- NATO (2018). MC 0296/3 NATO geospatial policy.
- NATO (2019). INT-JL-11727 NATO Intelligence Na Overview ADL 046, curso *online* efetuado em 2019.
- NATO (2020). NATO Organization. Disponível em <https://www.nato.int/cps/en/natohq/structure.htm>, acessado em julho de 2020.
- Perdigão, H. (2003). Sistema de informação geográfica militar no apoio à decisão (SIGMAD – Contributos para o IPB), Lisboa: IAEM. Disponível em <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/11874>.
- Plano de Apoio Militar de Emergência do Exército, Estado-Maior do Exército, Lisboa, 28JUN19. Disponível em <http://lisboa-sites/cft/g9/PAMEEX/Forms/AllItems.aspx> acessado em julho de 2020.
- Plano de Implementação da Unidade de Apoio Geoespacial, texto não editado.
- Quadro Orgânico 09.07.17, Unidade de Apoio Geoespacial, Sistema de Forças 2014, Comando das Forças Terrestres. Disponível em <http://10.105.0.55/publica/ComExercito/CEME/EME/DivPF/QOAprovados>.
- Ryder, P. (2019). NCS – Geospatial Organisation and Responsibilities. NATO Geospatial Orientation Course, NATO School, Oberammergau.
- U.S. Geological Survey. Disponível em <https://www.usgs.gov/media/images/gis-data-layers-visualization> acessado em julho de 2020.



Os veículos aéreos não tripulados (VANT), vulgarmente designados de drone, constituem uma tecnologia de grande relevância para mapeamento e estudo do terreno, conseguindo com eles adquirir toda a informação geográfica num curto espaço de tempo.

No presente artigo descreve-se o planeamento e execução de uma missão, para um voo com o *eBee Classic*, o drone do CIGeoE, bem como todo o processamento que é efetuado posteriormente. Descrevem-se neste artigo dois casos práticos, voos com objetivos diferentes, um na Escola das Armas e outro no Regimento de Artilharia N.º 5. São abordadas as potencialidades deste sistema, desde o voo até ao processamento dos dados adquiridos, sendo possível gerar nuvens de pontos, ortofotos e modelos digitais de superfície com uma boa qualidade (posicional e radiométrica) podendo ser utilizados estes dados para apoio de qualquer missão ou até mesmo produção de documentos cartográficos.

O Drone

António Farias

1º Sargento de Pessoal e Secretariado

Centro de Informação Geoespacial do Exército
afarias@igeoe.local

Pedro Nogueira

1º Sargento de Serviço de Material

Centro de Informação Geoespacial do Exército
pnogueira@igeoe.local

Introdução

Drone é a expressão mais usada e simplista que engloba todo o conjunto de veículos (terrestres, aéreos ou aquáticos) que são controlados remotamente. Neste artigo, quando utilizarmos a expressão *drone*, na verdade estamos a referir a uma aeronave que não precisa de ser tripulada, mas sim controlada remotamente, e a todos os sistemas que a compõem (*hardware* e *software* de aquisição de dados e de controlo de voo), em que em várias literaturas são designados de *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), ou em português Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), ou utilizando a definição do Regulamento n.º 1093/2016 de 14 de dezembro, Sistema de Aeronave Pilotada Remotamente (RPAS, *Remotely Piloted Aircraft System*).

Sempre a acompanhar o avanço tecnológico, o CIGeoE adquiriu recentemente o UAV *eBee Classic*, um *drone* de asa fixa destinado a missões enquadradas na área da fotogrametria. O uso dos sistemas UAV na fotogrametria desafia os métodos tradicionais da aquisição e processamento da informação. Com *softwares* de processamento que usam algoritmos específicos e bastantes eficazes, conseguem-se extrair produtos como nuvens de pontos, ortofotos, modelos digitais de superfície (MDS), modelos digitais do terreno (MDT) e *mesh* 3D, com resoluções e precisões na ordem de centí-

do CI Geo E



metros onde a informação geoespacial poderá ser atualizada quase em “tempo real”.

Este UAV, com a utilização de *softwares* específicos, consegue elaborar voos completamente autônomos, bastando para isso indicar alguns parâmetros como o “*start point*”, “*home point*”, um “*landing point*” e atribuir a missão de mapeamento. Com a autonomia do *eBee Classic*, num único voo, consegue-se mapear até 12 km². Está equipado com uma câmara fotográfica S.O.D.A. (*Sensor Optimised for Drone Applications*) de 20MP que permite adquirir imagens com uma resolução espacial até 1,5 cm por *pixel*.

Com esta nova tecnologia será possível exponenciar as capacidades do CIGeoE no que diz respeito à aquisição de informação geoespacial de grande resolução mantendo sempre o nível de rigor e exigência.



Figura 1 - Drone *eBee Classic*

Planear a missão no UAV *eBee Classic*

O *eMotion3* é o *software* responsável pelo planeamento e controlo do *eBee Classic*, através dele são definidos os parâmetros necessários para o voo. Define-se o raio da área de trabalho e planeia-se, conforme as condições meteorológicas do momento, o ponto de lançamento e o ponto de aterragem. Toda a informação para o voo é fornecida através deste *software*. Existem assim cinco tipos de missão que podem ser atribuídas:

- “*Horizontal Mapping*” para mapeamento horizontal;
- “*Horizontal Mapping from File*” para um mapea-

mento horizontal a partir de uma *shapefile*;

- “*Around POI Mapping*” para modelação de objetos singulares e de desenvolvimento vertical;
- “*Corridor Mapping*” para mapeamentos de desenvolvimento longitudinal;
- “*Custom Route*” para programar rotas entre duas ou mais missões.

Ao atribuir uma missão de mapeamento o programa vai planear, de uma forma automática, todos os itens necessários para que haja uma sobreposição de fotografias, Figura 2, definindo o número total de fotografias a ser capturadas e conforme a resolução pretendida a altura de voo. Ao utilizar os dados do *Global Navigation Satellite System* (GNSS), o *eBee Classic* regista para cada fotografia a respetiva informação de posicionamento, permitindo assim uma georreferenciação automática das mesmas.



Figura 2 - Plano de voo calculado conforme a sobreposição definida

O voo

Nos momentos que antecedem o voo, existe um conjunto de procedimentos que são extremamente importantes, a fim de garantir as condições ideais para a realização do mesmo.

Começamos com a verificação das condições envolvidas, confirmando que as mesmas são apropriadas para o voo. Após isso iremos averiguar as condições atmosféricas, nomeadamente o vento, uma vez que a velocidade máxima permitida para rajadas de vento é de 12m/s ou seja 45Km/h. É importante ter este ponto em atenção, uma vez que excedendo este valor as imagens da câmara poderão ficar distorcidas e o controlo

do voo poderá ficar comprometido. Estando reunidas estas condições essenciais, passamos à montagem da aeronave, verificando sempre o estado de conservação dos seus componentes, prestando especial atenção ao estado das asas, hélice e suas borrachas, ao tubo de *pitot* (sensor que calcula a velocidade do ar, vento e altitude) e restantes sensores.

Terminadas as verificações e montagem do *eBee*, passamos à fase de planeamento da missão no computador, através do *software eMotion 3*. Colocamos o *eBee* no local (o mais horizontal possível) onde pretendemos que o mesmo aterre (após terminado o voo) e ligamos a bateria.

Voltamos ao computador e conectamos o *eBee* ao *eMotion*, selecionando o modo de voo. Ainda no *software*, definimos os pontos *Home* e *Start*, pontos esses importantíssimos, que devem ser estrategicamente escolhidos, para que, em caso de perigo, a aeronave possa regressar ou até mesmo cair em segurança. Definidos estes pontos, carregamos a missão para o *drone*, verificando que o *led* da aeronave fica verde após completado o carregamento.

Passando à segunda fase, o voo em si, pegamos na aeronave pela parte dianteira das asas, relativamente junto ao corpo e agitamos firmemente três vezes. O motor irá iniciar, bem como os *aileron*s irão mexer. De seguida inclinamos o *drone* a sensivelmente 30 graus (inclinação confirmada pelo *led* verde fixo) e lançamos.

Após o lançamento é necessário manter atenção tanto à aeronave, como ao computador, para o caso de surgir algum aviso ou alerta.

Findo o voo e logo após a aterragem do *eBee*, devemos imediatamente retirar a bateria do mesmo,



Figura 3 - Fase de lançamento do *drone*

evitando assim que o mesmo se ligue acidentalmente ao transportá-lo. Devemos também verificar todos os seus componentes, para assim garantir que nenhum sistema ficou danificado ou afetado com a aterragem, bem como se os sensores estão desobstruídos.

Por último copiamos as fotografias bem como os *log's* de voo para o computador para o posterior processamento.

O Processamento

O processamento é fundamental para um resultado preciso e exato dos dados. Desta forma, são utilizados programas para processamento das imagens, sendo o *Pix4Dmapper* uma das grandes referências. Cada duas fotografias consecutivas terão pontos em comum, o que permite ao algoritmo de processamento triangular toda esta informação, e sendo todo o *workflow* intuitivo, dependendo da finalidade da missão, consegue-se obter:

- **Nuvens de Pontos:** Que se podem traduzir como um conjunto de pontos que representam a superfície, dos quais são conhecidas as suas coordenadas (X, Y e Z) num determinado referencial.
- **Modelo Digital de Superfície (MDS):** onde cada *pixel* terá uma altura que é representada pela coordenada Z, tornando possível modelar o terreno.
- **Modelo Digital do Terreno (MDT):** sendo este um produto derivado do MDS, são filtrados os objetos acima do solo, sendo possível, por exemplo, gerar automaticamente as curvas de nível.
- **Mosaico ortorretificado:** Imagem única criada a partir de todas as imagens originais já ortorretificadas isentas de distorções onde cada *pixel* da imagem possui coordenadas planimétricas conhecidas possibilitando a realização de medições nesta imagem.
- **Mesh3D:** representação tridimensional da superfície onde imagens ou outros atributos dos materiais são atribuídos às malhas, de forma a torná-las muito semelhantes à realidade.

Resultados, Caso prático Escola das Armas e Regimento de Artilharia N.º 5

Os primeiros voos realizados com este sistema VANT foram na Escola das Armas (EA) em Mafra e no Regimento de Artilharia N.º 5 (RA5) em Vendas

Novas, unidades militares relativamente próximas do CIGeoE, com vastas áreas de reduzida presença humana e cujos Comandantes, à data, disponibilizaram e facilitaram a sua utilização, oferecendo assim todas as condições necessárias para voos de teste e estudo.

TRABALHO SOBRE A ALDEIA DE CAMÕES NA ESCOLA DAS ARMAS E A JUNÇÃO DE FOTOGRAFIAS TERRESTRES COM FOTOGRAFIAS DE UM UAV

Com o planeamento da missão sobre a Aldeia de Camões na Escola das Armas, foi considerada uma trajetória de voo de quatro fiadas, efetuou-se um voo de 8 minutos com a aquisição de 47 fotografias sobre a aldeia. O voo foi realizado com condições difíceis e com velocidades de vento bastante elevadas. Apesar de todas as dificuldades, o voo foi realizado com sucesso, provando a resistência do *eBee Classic*. No terreno, e com um propósito para este estudo, foram adquiridas 81 fotografias de diversos ângulos sobre a torre principal da Aldeia de Camões, o equipamento usado foi uma máquina fotográfica Sony DSC-S700. A finalidade era mergir os dois projetos de trabalho num só, o projeto com o processamento das fotografias do *drone* com o projeto das fotografias terrestres.

RESULTADOS

No primeiro processamento resultou uma enorme quantidade de informação detalhada, sendo de particular interesse a orientação interna da câmara fotográfica, a orientação externa (OE) das imagens, o modelo digital do terreno (MDT) e o ortofoto, Figura 4. Neste trabalho primeiramente foi extraída informação geoespacial relevante e avaliada a respetiva precisão geográfica, sendo possível num curto espaço de tempo fazer a aquisição da informação vetorial em 2D, Figura 5. Foram também extraídas automaticamente as curvas de nível através do modelo digital do terreno, Figura 6. Para fins cartográficos a escalas grandes, o sistema UAV é bastante eficaz e viável podendo o CIGeoE fornecer toda a informação geográfica para o apoio a uma missão de qualquer natureza e escalão. No final foi gerada uma *mesh* 3D como representa a Figura 7 e ainda produzido um *layout* com o ortofoto gerado com o devido enquadramento cartográfico, o qual foi posteriormente impresso à escala e utilizado para o planeamento de operações no terreno, Figura 8.



Figura 4 - Ortofoto da Aldeia de Camões na EA

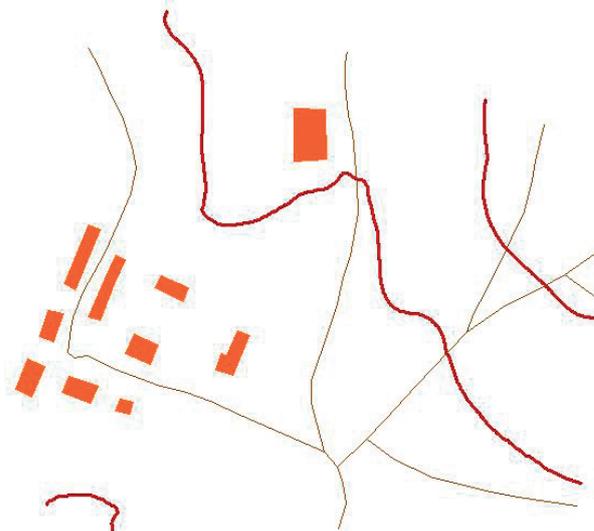


Figura 5 - Aquisição da informação

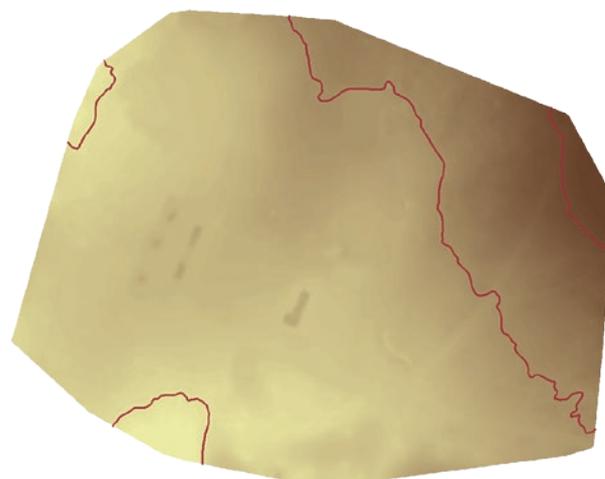


Figura 6 - Modelo digital do terreno com curvas de nível



Figura 7 - Mesh 3D da Aldeia de Camões na EA

Ao mergir os dois projetos, o da fotografia aérea e o da fotografia terrestre, o objetivo principal foi ter uma maior qualidade e realismo nos produtos gerados (nuvem de pontos e *mesh* 3D), em qualquer perspectiva. Muitas das vezes as fotografias aéreas não captam a parte lateral dos edifícios e para isso recorreu-se a fotografia terrestre para esse efeito. Inicialmente realizou-se

um processamento para as fotografias terrestres com o objetivo de gerar uma nuvem de pontos, é de referir que para este trabalho ser realizado, há a necessidade de levantar pontos de controlo para definir as coordenadas corretas e para posicionar geometricamente a nuvem de pontos. Recorreu-se assim aos resultados do primeiro processamento feito com as fotografias do *drone eBee Classic*.

A nuvem de pontos surge através da correlação de *pixels* nas imagens, primeiro é produzida uma nuvem de pontos esparsa que vai determinar os parâmetros e orientação das fotografias, ou seja, as coordenadas XYZ e os ângulos. O resultado foi satisfatório como demonstra a Figura 9. Para uma melhor qualidade houve a necessidade de trabalhar essa mesma nuvem de pontos, isto para eliminar todos os pontos que podem provocar o “ruído” no momento de mergir os projetos. Na fase seguinte e com um novo processamento, agora com pontos de controlo em comum, mergiu-se os dois projetos definindo a mesma projeção e o mesmo sistema de coordenadas, o resultado obtido foi conforme a Figura 10.



Figura 8 - Layout do ortofoto gerado com o devido enquadramento cartográfico pronto a imprimir

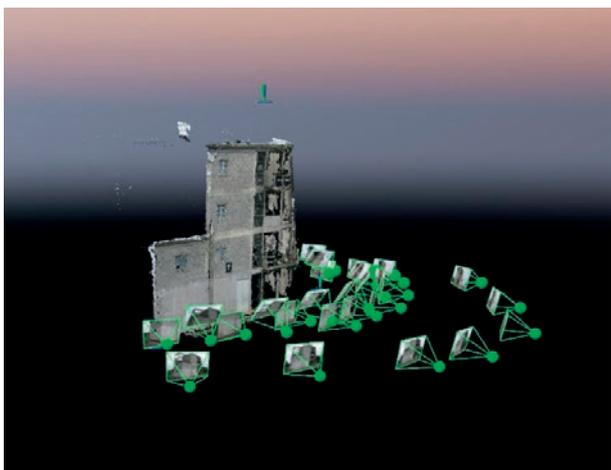


Figura 9 - Orientação das fotografias terrestres EA

ESTUDO SOBRE A ZONA DE IMPACTOS DE ARTILHARIA (RA5) E A QUALIDADE DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COM *eBEE CLASSIC*

Com o planeamento da missão sobre a zona de impactos do polígono de tiro de artilharia do RA5, foi considerada uma trajetória de voo de nove fia-



Figura 10 - Nuvem de pontos gerada com fotos do *drone* (em cima) e nuvem de pontos gerada com a fotografia terrestre (em baixo)

das, Figura 11, tendo-se realizado um voo de 29 minutos com a aquisição de 336 fotos sobre a zona de interesse. A qualidade da imagem foi considerável, apresentando imagens nítidas e de baixo ruído, oferecidas pelas boas condições atmosféricas do momento. As fotografias foram posteriormente processadas pelo *software* *pix4Dmapper*, tendo-se gerado uma nuvem de pontos, um ortomosaico, um modelo digital de superfície (MDS) e

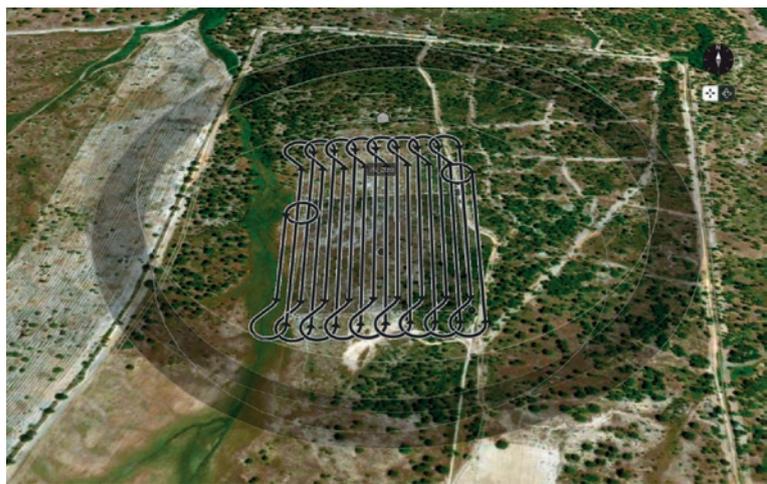


Figura 11 - Planeamento "*Horizontal Mapping*"

um modelo digital de terreno (MDT). A Figura 12 apresenta um esquema com a distribuição real das fotografias já processadas dando origem a uma nuvem de pontos. Com métodos automáticos foi possível gerar as curvas de nível, Figura 13.

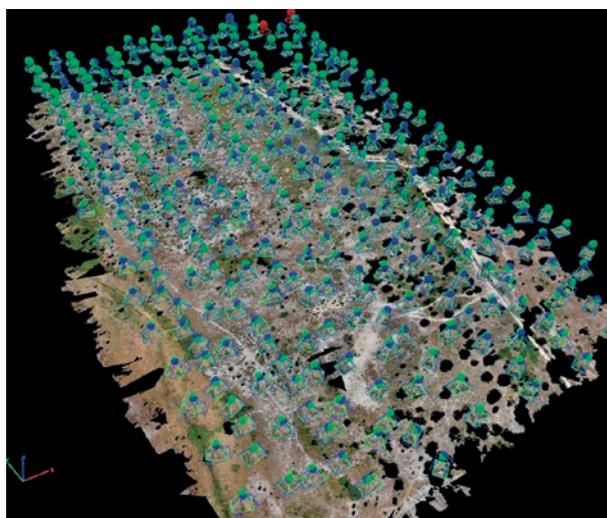


Figura 12 - Distribuição real das fotografias já processadas

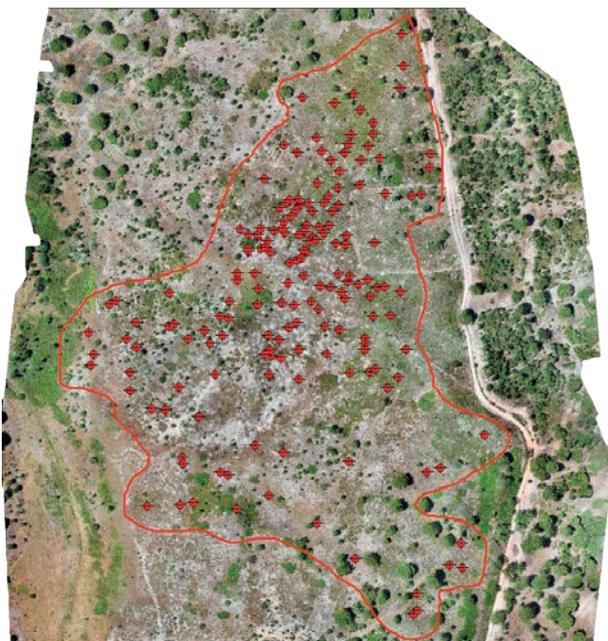


Figura 13 - Ortofoto com curvas de nível geradas automaticamente

Numa primeira fase fomos verificar o controlo de qualidade da informação geográfica e a precisão dos dados através de pontos de controlo (GCP, *Ground Control Points*). Os GCP são pontos identificáveis nas fotografias e que são passíveis de ser medidos no terreno, assim antes do voo foram colocados cinco pontos de referência, estrategicamente distribuídos, através de uma “tela”, para que fique registado no momento em que o *drone* captura a fotografia, Figura 14.

Para uma precisão exata dos dados, esses pontos foram coordenados por um Recetor GNSS, o Trimble R10 GNSS RTK. As coordenadas GNSS RTK assim adquiridas, são mais exatas que as coordenadas obtidas pelo sistema VANT. Com um *software* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), neste caso o *ArcGIS*, fez-se o estudo da precisão dos dados processados, carregando o ortofoto já gerado bem como os pontos de controlo GNSS. Após o estudo verificou-se que a qualidade da informação processada, sem a utilização dos GCP, apresenta resultados bastante satisfatórios tendo um desfasamento posicional de, sensivelmente, 48 cm. Um segundo processamento foi efetuado, agora utilizando os GCP levantados, conseguindo-se uma precisão de aproximadamente 3 cm.

Com toda esta informação geográfica, com a nuvem de pontos e o ortofoto, facilmente conseguimos estudar e analisar o terreno ao mais ínfimo pormenor, fornecendo toda a informação geográfica precisa para o apoio de uma missão. Como



Figura 14 - Fotografia drone com um ponto de referência “tela”

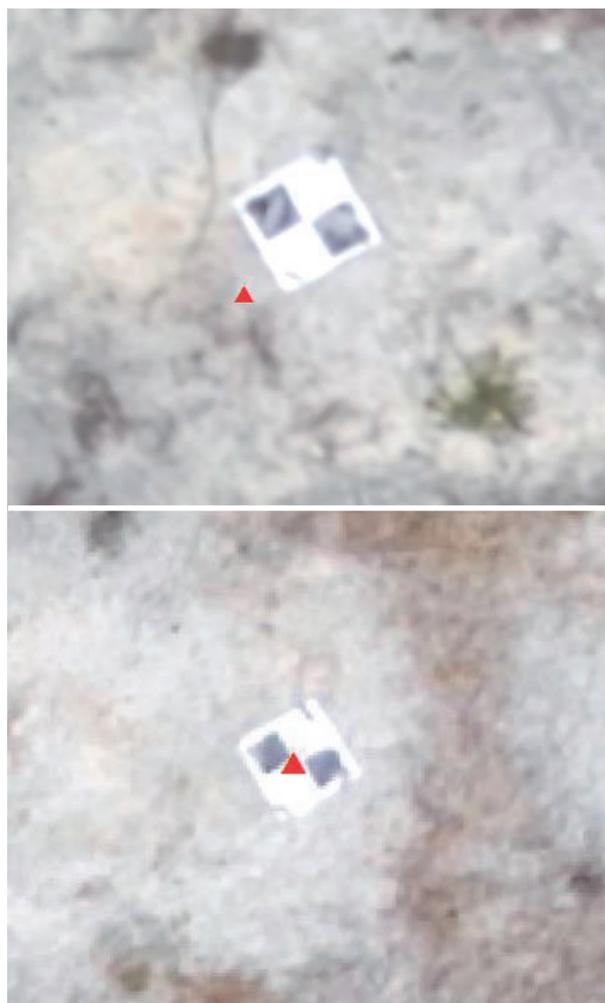


Figura 15 - Em cima o erro obtido com o processamento sem GCPs e em baixo o erro obtido com o processamento utilizando os GCPs

exemplo, na Figura 16, identificaram-se todas as zonas de impacto do tiro de artilharia e facilmente percebemos que o tiro está mais agrupado numa determinada zona, conseguindo medir com exatidão o volume dos impactos, Figura 17, as áreas e a medição de distâncias entre pontos de impacto, ou até simular um “voo digital” sobre a área de impactos em 3d através da *mesh*. São inúmeras as vantagens e o potencial que se consegue realizar com esta informação e com o sistema VANT.

Conclusão

A utilização de *drones* torna acessível a ortofotografia e o mapeamento 3D e isso permite uma melhor visão geral do terreno e a rápida tomada de decisão. Ter dados sobre a geometria de um objeto ou sobre um MDS pode ser útil para diversos fins. É possível a partir de levantamentos terrestres com câmaras fotográficas vulgares juntamente com as imagens aéreas obtidas com o *drone* gerar uma nuvem de pontos de qualidade, fornecendo assim informação que, pelo seu rigor e facilidade de manipulação, pode ser utilizada para qualquer fim. Os dois exemplos apresentados neste artigo tiveram excelentes resultados, prevendo-se para o futuro uma utilização do sistema VANT de forma recorrente pois os produtos precisos que permite gerar podem ser utilizados em todo o tipo de missões.

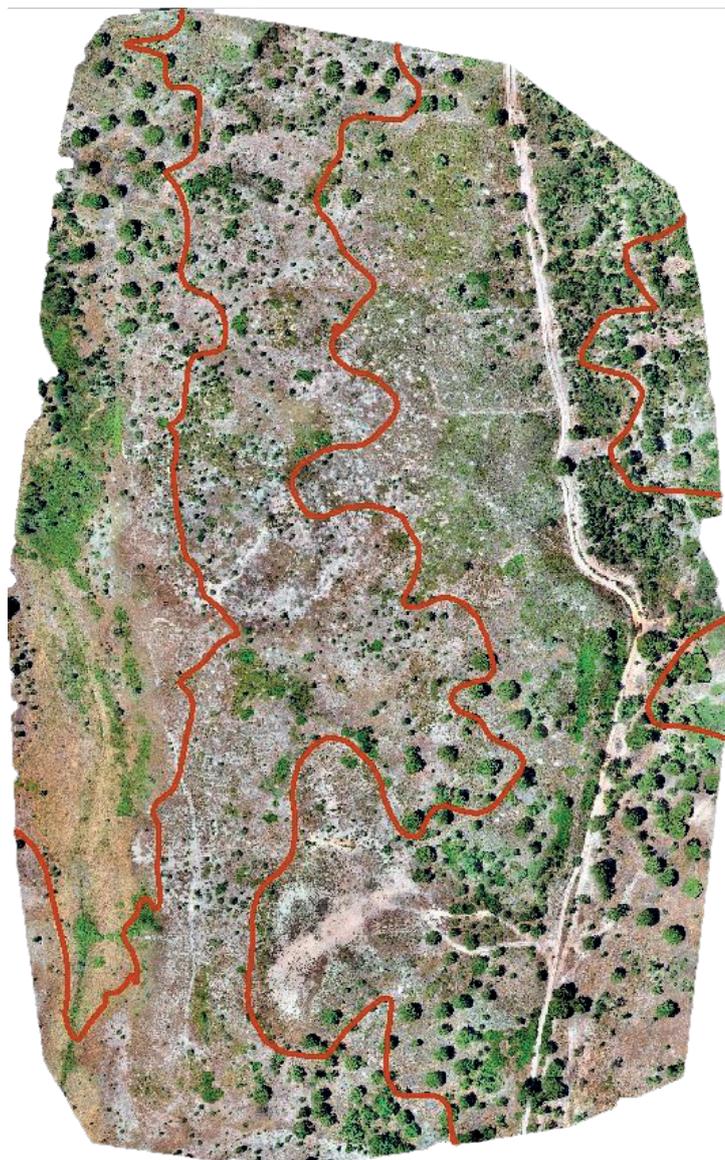


Figura 16 - Zonas de impacto do tiro de artilharia



Tiro_Artilharia1	
Terrain 3D Area:	12.52 m ²
Cut Volume:	0.03 ± 0.05 m ³
Fill Volume:	-0.97 ± 0.30 m ³
Total Volume:	-0.94 ± 0.35 m ³

Figura 17 - Medição do volume de um impacto de tiro de artilharia

CARTAS MILITARES

CARTOGRAFIA OFICIAL DO CENTRO DE
INFORMAÇÃO GEOESPACIAL DO EXÉRCITO

Parceria:



Centro de Informação
geoespacial
do Exército



Navegação off road
com o rigor, pormenor e
detalhe próprio da
Cartografia Militar

Disponível em



EXÉRCITO



A realidade em que vivemos, baseada num crescente exponencial tecnológico, assenta nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), intrinsecamente ligados a um tipo de sistema de controlo, associado a um dispositivo que pode ir desde um telemóvel até aos atuais supercomputadores, com capacidade de processamento que ultrapassam a centena de *petaflops*¹. Desde o início da utilização dos sistemas de navegação por satélite, para percorrer por ruas desconhecidas, pedir um transporte (ex. Uber) ou até fazer um planeamento atempado de roteiros de restaurantes, que ocorreu um enriquecimento da Informação Geográfica (IG). Por conseguinte toda a IG, processada e tratada tem um papel crucial nas operações militares, de acordo com a finalidade pretendida. O uso de aplicações de SIG em forças militares revolucionou o modo como as forças operam e funcionam, permitindo tomar decisões rápidas e sustentadas. Na área da Defesa, a IG constitui a base para planeamento e execução de todas as operações militares e a tecnologia conexas aos SIG tem a capacidade, não apenas para revolucionar o domínio das informações com importância ao nível operacional, mas também a condução das operações, propriamente dita, aos níveis estratégico e tático. O presente trabalho dá uma breve visão do uso dos SIG em aplicações militares, especificamente no planeamento de operações terrestres de nível tático.

Palavras-chave: Sistemas de Informação Geográfica, Comando e Controlo, Interoperabilidade, Evolução Tecnológica.

A Informação Geográfica e os Sistemas de Comando e Controlo



¹ FLOP (*floating point operations per second*): número de operações e cálculos de processamentos por segundo; Um *Petaflop* equivale a 1 000 000 000 000 000 operações e cálculos por segundo.



Hélder Santos

Capitão de Artilharia

Curso de Cartografia Digital
Regimento de Artilharia 4
santos.hdmom@exercito.pt

Ana Batista

Primeiro-Sargento
de Pessoal e Secretariado

Curso de Cartografia Digital
Arquivo Geral do Exército
batista.amcd@exercito.pt

Introdução

A descrição do ser humano, de acordo com Fernando Savater², define-se como um ser social, evoluindo, comunicando e estabelecendo relações entre os diversos seres que constituem uma determinada tribo, comunidade ou uma sociedade. Isto leva a que, de forma inconsciente e natural, o relacionamento entre seres humanos proporcione o surgimento de líderes reconhecidos por todos os elementos que o rodeiam. De forma instantânea mas subtil observa-se o surgimento de comando desde os primórdios da Humanidade até à data de



² Filósofo espanhol, natural de San Sebastián, nascido em junho de 1947.

hoje. Tendo em conta a evolução do ser humano, o comando tem vindo a ser definido por diversos autores e por diversas doutrinas, pelo que imperativamente a apresentação do conceito de Comando deve ser realizada. Desde sempre também que, a Humanidade, sentiu necessidade de representar o mundo que a rodeia, como as pinturas rupestres, os hieróglifos e o *Imago Mundi* babilónico³. Consequentemente, os mapas tornaram-se mais do que figuras, através da evolução do nosso conhecimento, transformando-se em ferramentas complexas de análise analógica e digital. Dos desenhos em papiro até aos sistemas informáticos remotos, a informação do globo terrestre assumiu um papel multidimensional com inúmeras aplicações quando usados os filtros adequados. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) surgiram na última década como uma ferramenta essencial para o planeamento e gestão de recursos (ESRI, 2020). A sua capacidade de armazenar, extrair, analisar, modelar e cartografar grandes áreas e grandes volumes de dados espaciais levou a uma extraordinária proliferação de aplicações. Os SIG são agora usados para o ordenamento do território, gestão de serviços públicos, modelação de ecossistemas, avaliação e planeamento da paisagem, organização dos transportes e infraestruturas entre muitas outras aplicações, de cariz civil e militar.

Hoje, mais do que nunca, o que se projeta, o que se planeia e se decide aos diferentes níveis faz-se com recurso a dados concretos, exatos e de qualidade e não em incertezas ou dados empíricos. A utilização da informação em formato digital permite efetuar múltiplas análises e simulações, definir critérios e estabelecer condições com os dados que estão disponíveis, tornando assim a tomada de decisão mais rápida, coerente, rigorosa e sustentada. A utilização dos SIG, obtidos de forma fidedigna e em tempo oportuno, permitem potencializar e rentabilizar a “arte” de Comando e a “ciência” do Controlo, cruciais para as operações militares.

O presente artigo pretende realçar a integração da IG e os Sistemas de Comando e Controlo passando pela explicação de ambos, a sua estreita relação bem como a evolução da sua importância para os dias de hoje. Apresentamos três fases distintas na ótica dos autores. Uma primeira centrada nos SIG, na sua definição, nos diversos componentes essenciais que permitem o seu normal funcionamento, de que forma podem ser representados, dependendo da forma como se pretende trabalhar

a informação, e a sua contribuição para o meio militar. Uma segunda fase baseada no tópico do Comando e Controlo, estabelecendo uma base comum de entendimento sobre o mesmo, processos de automatização e influências históricas. Por fim, na conclusão sintetizaremos os aspetos relevantes dos SIG e o seu contributo para a consecução do Processo de Decisão Militar.

Sistemas de Informação Geográfica

DEFINIÇÃO

O termo SIG é difícil de definir, uma vez que representa a integração de muitas áreas tais como a geodesia (projetos, topografia, cartografia), deteção remota, fotogrametria, ambiente, organização do território, ciência cognitiva, entre outras. Por conseguinte, não há uma definição totalmente aceite por todos. No entanto, algumas definições têm sido propostas:

- Um sistema para capturar, armazenar, comprovar, integrar, manipular, analisar e visualizar dados que estão espacialmente georreferenciados (R. Chorley, 1987);
- Sistemas automatizados para a captura, armazenamento, composição, análise e visualização de dados espaciais (K.C. Clarke, 1990);
- Um sistema de *hardware*, *software* e procedimentos desenhados para suportar a captura, gestão, manipulação, análise, modelação e visualização de dados espacialmente referenciados para resolver problemas complexos de planeamento e gestão (CESGA, 2020).

De uma maneira geral, podemos definir que o SIG é uma estrutura conceptual que fornece a capacidade de capturar e analisar dados espaciais e geográficos cuja interpretação permite compreender relações e padrões espaciais assim como avaliar tendências temporais. Os aplicativos SIG são ferramentas digitais, um conjunto integrado de *software* e dados, que permitem a visualização e gestão de informação relativa a lugares, análise de relações espaciais e modelação de processos espaciais (ESRI, 2020). Estes sistemas compreendem cinco componentes distintos, que incluem *hardware*, *software*, dados, procedimentos e recursos humanos, interligados entre si (P.A. Longley, AV, 2005).

Os SIG têm como objetivo principal representar e analisar informação geográfica. No entanto, esta pode ser representada e analisada numa grande multiplicidade de formas, que vão desde a clássica

³ *Imago mundi* babilónico: inscrição cartográfica do séc. V a.C., considera-se uma das representações mais antigas à data.

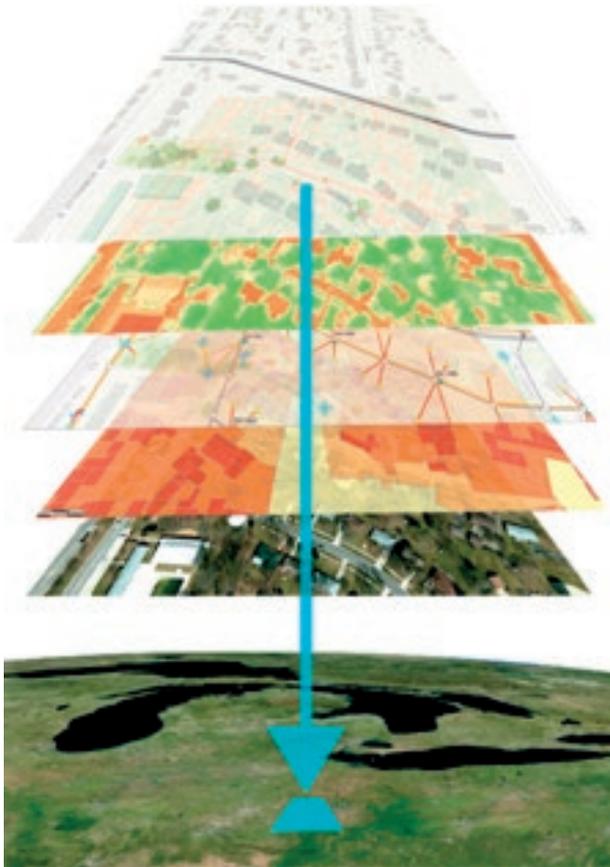


Figura 1 - Representação esquemática do SIG, baseando-se na noção simples de organização de dados em camadas discretas que são alinhadas (georreferenciadas) uma em relação à outra no espaço geográfico (ArcGis Book, 2020)

sobreposição em camadas (ou níveis) até à utilização de ferramentas de análise espacial complexas, permitindo não só manipular, analisar e visualizar os dados originais como gerar nova informação perfeitamente enquadrada do ponto de vista geográfico, Figura 1.

COMPONENTES DO SIG

Para o funcionamento de um SIG deveremos ter em conta cinco componentes principais. A implementação desta estrutura pressupõe o bom relacionamento entre todas, Figura 2 (B.S. Prathiba, 2014):

- 1. Hardware:** Os recursos de *hardware* disponíveis afetam a velocidade do processamento, a facilidade de uso e o tipo de saída disponível. Um SIG pode ser executado numa ampla variedade de tipos de *hardware*, desde computadores a grandes servidores de computador.
- 2. Ferramentas de software:** fornecem as ferramentas necessárias para armazenar, analisar

e apresentar os dados espaciais. Estas ferramentas incluem o *software* SIG (e.g. *ArcGIS*, *QGIS*), base de dados e *software* de desenho.

- 3. Dados:** é o núcleo de qualquer SIG. Existem dois tipos de dados usados em SIG - espacial e tabelar. A disponibilidade e a precisão dos dados afetarão os resultados de qualquer análise. Estes dados são provenientes de mapas, fotos aéreas, satélites e outras fontes.
- 4. Procedimentos:** Os métodos definidos são usados para analisar os dados e produzir resultados precisos. Os procedimentos incluem protocolos de acesso, padrões e diretrizes.
- 5. Pessoas:** São responsáveis pelas operações diárias dos SIG. Os utilizadores incluem especialistas técnicos, gerentes, administradores e utilizadores finais.

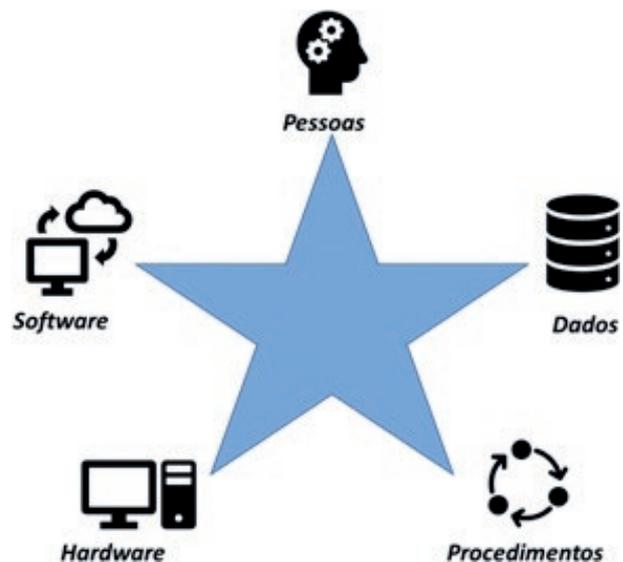


Figura 2: Conexão dos componentes básicos do SIG

REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO NUM SIG VETOR/RASTER

Os dados nos SIG são geralmente guardados em mais do que uma camada de informação e que são denominadas de *layers*. O princípio baseia-se de que é mais fácil trabalhar em problemas de análise espacial complexos com um *layer* de cada vez, do que manipular todo um volume de informação. A utilização de *layers* permite separar o volume de informação em camadas. Os dados SIG podem ser separados em duas categorias: dados referenciados espacialmente, representados por formas vetoriais, com tabelas de atributos, e *raster*, representados

em formato matricial. A maioria dos aplicativos de *software* SIG concentra-se principalmente no uso e utilização de bases de dados geográficas vetoriais com componentes adicionadas para trabalhar com bases de dados geográficas apoiadas em *raster*.

Vetor

No modelo de dados vetorial, o mundo é simulado como um mosaico de linhas e pontos interligados representando a localização e fronteiras de entidades geográficas bem definidas (P.A. Longley, AV, 2005). Os dados são representados por três tipos: pontos (dados discretos caracterizados geograficamente por um espaço demasiadamente pequeno para ser representado de outra forma que não um ponto), linhas (representações lineares representadas por conjuntos de pontos interligados que, por si só, não constituem áreas) e áreas ou polígonos (conjunto de pontos interligados fechados que representam a forma, área e localização de uma entidade homogênea). A principal vantagem do formato de dados vetorial é que permite uma representação precisa, com os dados a serem representados na sua resolução e formas originais sendo muito útil em áreas como a engenharia. A produção gráfica dos dados é geralmente mais agradável do ponto de vista estético, à semelhança da representação cartográfica tradicional. Contudo, a principal desvantagem prende-se com o facto de as fronteiras dos mapas de polígonos resultantes serem discretas, não permitindo a análise de dados contínuos como dados de altimetria (mapas de solo).

Raster

No modelo de dados *raster* o espaço é dividido numa matriz de células ou *pixéis* às quais se atribuem propriedades ou atributos. Esta matriz representa, assim, a variação das propriedades ao longo de todo o espaço representado. A cada célula está associado um único valor, não sendo capaz de armazenar atributos adicionais a cada célula para além do que representa (P.A. Longley, AV, 2005). Uma forma bastante comum de dados tipo *raster* são as imagens de satélite onde cada célula representa uma cor (que pode ser composta por bandas únicas ou múltiplas). São também comuns *rasters* com variação espacial de relevo, temperatura, entre outros parâmetros. Enquanto a precisão de um mapa depende da sua escala, no modelo matricial depende da dimensão do *pixel*. Quanto maior for a área representada menor é a resolução dos dados, e quanto menos área estiver representada em cada *pixel*, maior é a resolução do

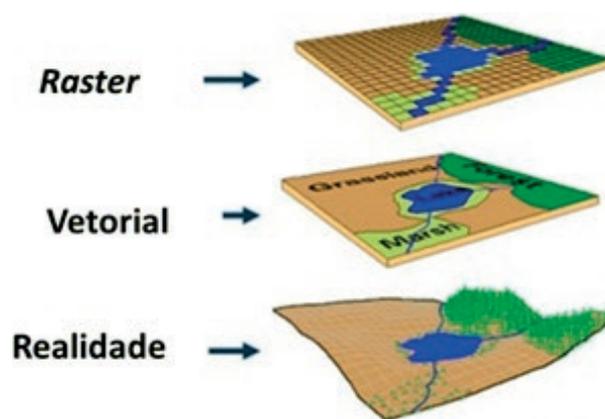


Figura 3 - Diferenças entre as duas formas de representação do mundo num SIG (figura adaptada do *National Geospatial-Intelligence Agency*, EUA)

raster e melhor estão representados os dados. Este modelo torna-se mais adequado quando o detalhe é essencial, ao contrário do modelo de dados vetorial. A principal desvantagem das camadas *raster* em relação às camadas vetoriais é o facto de ocuparem muito mais espaço. Tomando o exemplo da representação de uma estrada, no modelo *raster* teremos um ficheiro que indique para uma dada zona quais os *pixels* que fazem parte da estrada e quais não fazem. Essa mesma estrada pode ser representada por uma simples linha num modelo vetorial, o que numa base de dados equivale unicamente a uma linha de uma tabela. Assim, podemos considerar que quando o objetivo do estudo é distribuição espacial dos objetos, o desenvolvimento de análises de rede e conhecimento acerca dos relacionamentos espaciais entre os objetos, então a estrutura vetorial é a mais adequada. Por outro lado, se o objetivo do estudo for a variabilidade espacial de um fenómeno então a estrutura matricial é a mais adequada, Figura 3.

Sistemas de Comando e Controlo

COMANDO E CONTROLO

Os conceitos de Comando e Controlo podem ser definidos como arte e ciência. A arte de Comandar, sustentada na experiência, personalidade e características de um Comandante, e a ciência do Controlo apoiado no grupo de elementos técnicos que apoia um Comandante (PDE 5-00, 2007). O Comandante exerce a sua capacidade de comando em qualquer situação de adversidade, com o propósito de manter a ordem, identificando sempre a melhor solução para as situações que surgem. O Comando e a sua estrutura, materializada no Estado-Maior,

devem possuir flexibilidade, extensão e continuidade, mas acima de tudo, na sua essência, centrada sobre uma única visão, a visão do Comandante (AJP 3.2, 2016). O Controle, baseado em técnicas, táticas e procedimentos, aplicados no Processo de Decisão Militar, quando conduzido com informação oportuna, fidedigna e utilizável permite maior eficácia e eficiência na aplicação de recursos e sucesso nas operações militares (PDE 5-00, 2007). Quanto mais homogênea for a relação entre o Comando e Controle e quanto mais veloz for a atualização da informação, as condições de apoio às decisões a serem tomadas pelos Comandantes tornam-se sólidas.

OS SIG EM CONTEXTO MILITAR

Acontecimentos Históricos

Todos os dias utilizamos a informação geográfica de forma inconsciente através dos *Global Navigation Satellite System* (GNSS) e aplicações que permitem determinar e transmitir a nossa localização de forma instantânea para efeitos de planeamento e referência no terreno, mas nem sempre assim foi.

No final do séc. XVIII e início do séc. XIX a hegemonia francesa no continente europeu não conhecia rival, à exceção da Marinha Britânica que lhe fazia frente na componente marítima. Para combater essa potência marítima, o império francês ordenou um “bloqueio continental” de modo a suprimir o reabastecimento de mantimentos aos Britânicos. Portugal, respeitando uma das alianças mais antigas que possuía, nomeadamente com Inglaterra, continuou a permitir o fluxo das embarcações britânicas. Napoleão Bonaparte, imperador de França na altura, ordenou a invasão a Portugal para impedir o reabastecimento dos navios ingleses. Em segredo, o Duque de Wellington representante do império britânico, delineou uma estratégia de defesa baseada em terreno importante e em três linhas defensivas, conhecidas hoje como as Linhas de Torres, Figura 4. Estas linhas eram definidas por obstáculos naturais no terreno, fortificados com construções abaluartadas e peças de artilharia, que permitiam o controlo de acessos para Lisboa (RHLT, 2020). A informação geográfica existente na altura, associada ao comando do Duque de Wellington, permitiu rentabilizar recursos e potencializar os fatores do terreno em proveito defensivo das forças lusitanas e anglo-saxónicas tornando-se um dos

casos de maior sucesso a nível mundial travando três invasões da potência mundial da época.

Durante a 2.^a Guerra Mundial, as Forças Armadas Alemãs utilizavam uma máquina criptográfica intitulada “Enigma⁴”, que permitia a troca de informação e continuidade do fluxo de relatórios de forma segura e eficaz, preservando o fator surpresa na condução das operações (S. Singh, 2001). Após as forças aliadas terem conseguido decifrar a forma de funcionamento da máquina e os respetivos descodificadores, a informação geográfica das forças opositoras passou a estar disponível permitindo dar um volte-face ao decorrer da guerra.

No seio da história castrense a IG desempenhou um papel fundamental nas operações das forças que a souberam utilizar corretamente, validando assim a importância de saber ler a informação e operacioná-la para os devidos objetivos.

Atualidade

Os SIG desempenham um papel fundamental nas operações militares. A aplicação dos conceitos de Comando, Controle, Comunicação e Coordenação em operações militares dependem em grande parte da disponibilidade de informações espaciais precisas para chegar a decisões rápidas sobre ordens operacionais e estratégicas. As utilizações dos SIG em contexto militar incluem cartografia, informações, gestão do campo de batalha, análise do terreno, deteção remota, gestão de instalações militares e monitorização de possíveis atividades terroristas, entre outras. A IG, utilizada de diversas formas, desde os primeiros esboços de mapas⁵ até aos sistemas automatizados de hoje em dia, tem sofrido melhorias qualitativas e quantitativas sempre adaptadas para se tornarem mais *user-friendly*⁶ e de formato compatível. Tendo em conta que a aquisição de imagem difere consoante o operador que a efetua, é necessário estabelecer critérios de padronização para o processo. A IG é importante se utilizável, e se dentro dos parâmetros pretendidos do utilizador.

A nível internacional, de forma a atenuar as diferentes formas de interpretação e de extração de informação, existem diversas entidades reguladoras com critérios definidos. A *International Organization for Standardization* (ISO), o *Defence Geospatial Information Working Group* (DGIWG) e o *Open Geospatial Consortium* (OGC), são algumas entidades

4 Sistema de comunicação encriptado utilizado na 2.^a Guerra Mundial pela Alemanha, que permitia o fluxo de informação sem congestionamento. Sempre que intercetadas as comunicações o conteúdo das mensagens era de tal forma aleatório que era praticamente impossível a descodificação das mesmas.

5 Em 1832, Charles Picquet criou um mapa com os surtos de cólera associados aos distritos de Paris. Em 1854, o Dr. John Snow realizou um estudo epidemiológico de cólera em Londres, onde utilizou a localização geográfica dos casos, comparando com os poços de abastecimento de água, identificando a causa do surto.

6 Forma de utilização mais acessível, dedutível e simples.



Figura 4 - Mapa das Linhas de Torres Vedras (figura adaptada de <https://www.rhlt.pt/pt/as-linhas-de-torres/>)

que contribuem para a definição e manutenção dos critérios de extração como também garantem que a IG pode ser utilizável por diversos utilizadores contribuindo assim para uma maior interoperabilidade entre a informação e os programas de SIG. Estas guias de extração de informação geoespacial, que está em concordância com os critérios NATO, têm sido utilizadas no Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE) em projetos internacionais como o *Multinational Geospatial Co-production Program* (MGCP) e o *TanDEM-X High Resolution Elevation Data Exchange Program* (TREx). Sobre a égide da NATO Portugal participa com elementos das forças nacionais na *NATO Response Force* (NRF), querendo destacar a célula de *Geographic Intelligence* (GeoInt), que, fruto das participações nos diversos projetos internacionais e fruto do processo de padronização de extração de informação, conseguiu apoiar as Forças Armadas (FFAA) fornecendo IG atualizada às tropas no terreno (ex. República Centro Africana). A nível nacional, na realidade das FFAA existem quatro pilares da IG, desde a produção, disponibilização, análise e integração com o Processo de Decisão Militar (PDM). Ao nível do EMGFA, a Secção de Informações Geoespaciais é a entidade responsável pelo tratamento da IG, operacionalizada através do Portal geoespacial do EMGFA. A Marinha, através do NRP D. Carlos I e em parceria com o Instituto Hidrográfico, produz cartografia náutica e contribui para a *GIS European Maritime Safety Agency* e, a Força Aérea, através da sua Direção de Comunicações e Sistemas de Informação é a responsável pela gestão de IG (Dias P., 2020). O CIGeoE, tem como missão prover com Informação Geoespacial não só o Exército mas também outras entidades como também toma parte de projetos de investigação científica e tecnológica, almejando sempre o rigor, a qualidade e precisão de informação. Através da Unidade de Apoio Geoespacial (UnApGeo), que se encontra em dependência orgânica do CIGeoE, reestruturada em 2015 fruto da crescente necessidade de integração de Informação Geoespacial, o Exército tornou-se como um ramo das FFAA imprescindível quando se trata de IG. Em todo o espectro de operações militares a UnApGeo garante o apoio Geoespacial permanente, em apoio a uma Unidade Escalão Brigada ou através de algum dos seus módulos, consolidando-se como autoridade técnica e especialista na produção, análise e exploração das possibilidades da IG para enriquecer

a *Common Operational Picture* (COP)⁷ de um Teatro de Operações e também para consolidar, potencializar e rentabilizar recursos durante o PDM. Os SIG e as células de Apoio Geoespacial, existentes em diversos países como Portugal, Alemanha, França e Reino Unido, devem ser instrumentalizados e rendibilizados (Moreira R., 2020).

SISTEMAS AUTOMATIZADOS

Na atual era digital, os SIG são excelentes ferramentas para comandantes militares em operações tendo revolucionado a maneira como estas forças operam e funcionam. A informação espacial sempre foi importante, dado que a criação, edição, análise, consulta e apresentação de dados geográficos os ajudam a compreender a influência do terreno sobre o desenrolar da batalha (D. Shawn, 2005). A tecnologia não mudou apenas a maneira como as guerras são travadas, mas a sua utilização tornou-se um fator-chave na obtenção de domínio no poder militar. A vitória na batalha é concluída quando as forças terrestres consolidam e assumem o controlo da área. Para manter o controlo as Forças Armadas precisam conhecer a extensão espacial do TO em que estão e o seu ambiente operacional. Portanto, a cartografia digital e os SIG são cruciais em atividades tão diversas desde assuntos estritamente militares como assuntos de natureza civil. Uma das valências significativas dos SIG em operações é a sua contribuição de informação para a COP. Esta COP imperativamente deve estar ligada a um Sistema de Comando e Controlo (SC2). Os pilares de um SC2 são a interoperabilidade, gestão de informação, comunicação, conhecimento situacional e apoio à decisão. No Exército, a utilização do Sistema Integrado de Comando e Controlo (SICCE) tem permitido pôr em prática alguns dos pilares referidos anteriormente, não obstante, a *Critical Software* tem vindo a desenvolver o Sistema “*Eye-Command*” em protocolo com o Exército Português. O “*EyeCommand*” é um sistema integrado de C4I (Comando, Controlo, Comunicações, Computação e Informações) que inclui um motor 3D de SIG com terminologia NATO e permite acompanhar a evolução das forças no terreno através do *Standard NATO Friendly Forces Tracking System* (FFTS), (*Critical Software*, 2020). Ao nível das FFAA foi criado o projeto de implementação de um Sistema de Comando e Controlo Conjunto (SC2C) com o objetivo de apoiar o exercício de C2 por parte do Chefe de Esta-

⁷ *Common Operating Picture* é uma ferramenta de Comando e Controlo, que resulta de todos os contributos de todos os intervenientes no terreno, garantindo uma consciência situacional atualizada e permanente, para melhor apoiar a Cadeia de Comando.

do-Maior General das Forças Armadas (CEMGFA), baseado também nos pilares referidos anteriormente e contribuir para a NATO COP através da ferramenta de *software* IGeoSIT⁸. Este SC2C permitirá elaborar diversos panoramas operacionais de controlo, apoio à decisão e criar/armazenar IG de Base, permitindo a interoperabilidade de dados e garantir a georreferenciação de todos os intervenientes em todos os TO's (Alves A., 2019).

A perceção de que os serviços de IG baseiam-se apenas em ceder cartografia tem sofrido mutações. A par da evolução tecnológica, os SIG têm vindo a ser potencializados e integrados no PDM contribuindo decisivamente para a rapidez de todo o processo. Factos provados, no caso do Exército foi a criação da Unidade de Apoio Geográfico⁹, integrado como elemento técnico no EM técnico em apoio ao Comandante (Perdigão H., 2003). Em jeito de complementaridade, há, hoje em dia um número incontável de ferramentas que exploram os SIG e que são utilizadas para rentabilizar o PDM. Ao nível europeu, o GISMO¹⁰ tem vindo a ser uma referência para a criação da COP, tendo provas dadas em apoio à *European Union Naval Force Mediterranean* (EUNAVFOR MED), (EDA, 2020). Em Portugal, o SIGOP, ferramenta desenvolvida e operacionalizada pelo CIGeoE, permite trabalhar a IG em apoio ao PDM, através do IPB automático e através da análise Geoespacial. Este IPB automático (AIPB) permite rentabilizar o tempo gasto em planeamento. Como em todos os sistemas automatizados, que são baseados em regras e em linhas de código, não há margem para a interpretação subjetiva. Os quesitos de IG que foram definidos para que o AIPB fizesse a sua análise foram baseados nos regulamentos e doutrina clarificando o modo de leitura. É certo que a IG está em constante alteração e por vezes os dados de base não coincidem perfeitamente com aquilo que se observa. A utilização de informação adquirida através de *Imagery Intelligence* (IMINT) ou de *Open Source Intelligence* (OSINT), sobreposta à informação gerada pelo AIPB permitem uma COP consolidada. Durante as diversas fases do processo do AIPB existe a possibilidade de intervenção do operador para validar ou modificar os produtos, permitindo associar a arte do comando e da experiência adquirida ao AIPB,

de forma a ir ao encontro das diretrizes definidas pelo Comandante (Afonso J., 2020). O SIGOP, com o aconselhamento técnico da UnApGeo permitem ao Comandante obter uma universalidade de produtos, criando a sinergia entre sistemas automatizados, SC2 e experiência adquirida.

Conclusões

A crescente evolução dos SIG aliada à atualização dos sistemas automatizados permite uma maior facilidade de acesso à informação que por conseguinte permite aos Comandantes ganhar tempo para a tomada de decisões e permite uma celeridade na condução do PDM.

A utilização dos GNSS, a disponibilidade de IG e a volatilidade dos Teatros de Operações, tornam o espetro de operações muito amplo em que a pertinência e necessidade de informação definem o sucesso da missão.

- As novas ferramentas dos SIG implicam, cada vez mais, formação de pessoal técnico para rentabilizar a aquisição, explorar as potencialidades de filtrar informação e partilha da mesma.
- A IG deve ser cada vez mais padronizada e utilizável para obter-se o maior aproveitamento da mesma.
- Os SC2, com o objetivo de serem mais interoperáveis e com a maior integração da IG, melhor poderão contribuir para uma COP bem consolidada e apoiar o Comandante.
- As ferramentas de SIG convertidas para a vertente militar, exploradas por pessoal técnico e experiente, podem auxiliar e acelerar o PDM e desbloquear potencialidades que os elementos de EM podem utilizar.
- O fator humano é sempre importante para todo o processo, pelo que nunca poderá ser substituído pelos processos automatizados.

Se em tempos longínquos o Tratado de Tordesilhas¹¹, considerado benéfico para Portugal, permitiu uma afirmação da hegemonia portuguesa, devido à informação disponível da altura, nos dias correntes, a influência e o poder da informação

8 IGeoSIT - *Interim Geo-Spatial Intelligence Tool*; é uma ferramenta da NATO que permite aceder a IG em que todos os seus utilizadores contribuem com informação.

9 Em 2015 sofreu uma reestruturação do Quadro Orgânico passando a designar-se por Unidade de Apoio Geoespacial.

10 Geospatial Information to Support Making in Operations; permite a partilha de informação geoespacial dentro dos participantes de um contingente que partilhe da mesma rede de informação.

11 Tratado assinado em 1494 celebrado entre o Reino de Portugal e Castela, substituindo o Tratado de Alcáçovas, que consistia na divisão dos territórios ultramarinos, dividindo o globo terrestre em duas partes.

está nas mãos daqueles que, conseguem criar uma simbiose entre os SIG e os sistemas de Comando e Controlo de forma eficaz, eficiente e perceptível. Sob a égide da visão do Comandante, e a harmonia dos SIG e os SC2 associados ao aconselhamento técnico, a ubiquidade é garantida.

Referências Bibliográficas

- ESRI Environmental Systems Research Institute: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>, consultado em 24maio2020 [22:24]
- R. Chorley Handling Geographic Information. *Report to the Committee of Enquiry*, chaired by Lord Chorley HM Stationary Office publication, 1987.
- Clarke, K. C.(1990) *Analytical and Computer Cartography*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ,.
- CESGA Centro Tecnológico de Supercomputación de Galicia, <http://www.cesga.es/>, consultado em 24maio2020 [22:24]
- ESRI Environmental Systems Research Institute: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>, consultado em 24maio2020 [22:36]
- Longley, P.A.; Goodchild, M.F.; Maguire, D.J. and Rhind, D.W. (2005). *Geographic Information Systems and Science*. Second Edition. New York: John Wiley & Sons.
- The *ArcGIS Book*; <https://learn.ArcGIS.com/en/ArcGIS-book/chapter1/>, consultado em 25maio2020 [22:36]
- Prathibha.B.S. (2014), *Geographic Information Systems as an Integrating Technology: Overview, Concepts, and Definitions*,
- Longley, P.A.; Goodchild, M.F.; Maguire, D.J. and Rhind, D.W. (2005). *Geographic Information Systems and Science*. Second Edition. New York: John Wiley & Sons.
- Swann, D. (2005) – *Military applications of GIS in Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, P. Longley, Eds., 2nd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, USA
- AJP 3.2
- PDE 5-00
- Dias P. (2020) – entrevista realizada ao Major Pedro Dias, Oficial GeoInt da FRI e Chefe de Secção no DSIG
- Moreira R. (2020) – entrevista realizada ao Major Ricardo José Santos Moreira, Comandante da UnApGeo, a 23 de junho de 2020
- Afonso J. (2020) – entrevista realizada ao Major João Afonso, chefe do DCD, a 24 de junho de 2020
- Singh, S. (2001) *O livro dos códigos. A ciência do sigilo – do antigo Egito à criptografia quântica*, Record.
- www.criticalsoftware.com, acessado em maio de 2020;
- RHLT (2020)- <https://www.rhlt.pt/pt/as-linhas-de-torres/>, acessado em junho 2020
- EDA - <https://eda.europa.eu/info-hub/press-centre/latest-news/2017/12/13/gismo-puts-geospatial-support-to-csdp-missions-on-the-map>, acessado em junho de 2020
- Perdigão H., (2003), *Sistema de Informação Geográfica Militar no Apoio à Decisão- Contributos para o Intelligence Preparation of the Battlefield (IPB)*, IAEM
- Alves A. (2019), *Projeto de implementação do Sistema de Comando e Controlo Conjunto (SC2C)*, EMGFA.



Para conseguir responder com eficiência e eficácia às exigências dos utilizadores da cartografia por si produzida, o Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE) tem vindo a reestruturar a sua cadeia de produção cartográfica. Assim, os seus processos inicialmente em formato *computer-aided design* (CAD), ou seja, desenho assistido por computador, nomeadamente através da utilização massiva do *software Microstation* (*.dgn), têm vindo a ser substituídos por processos em Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Esta reestruturação foi iniciada pela aquisição da informação na Secção de Fotogrametria com o projeto SIG 3D, seguindo-se a passagem do processo de validação com o projeto VIGeo3D.

Com este projeto pretende-se desenvolver um sistema integrado de uma infraestrutura de dados geoespaciais e a sua simbolização nas diferentes escalas, que possibilite a produção cartográfica atualizada de forma mais célere, integrando as diversas séries cartográficas à responsabilidade do CIGeoE e que são usadas por militares e civis.

Esta é a última fase da passagem de toda a cadeia de produção cartográfica para processos exclusivamente em SIG.

Com este projeto pretende-se contribuir igualmente para a melhoria do apoio à decisão em contexto operacional pela Unidade de Apoio Geoespacial (UnApGeo), concorrendo para o desenvolvimento da área da "*geoespacial intelligence*" (GEOINT) no Exército.



Informação

(SIGGeo3D)

Nuno Vicente

Tenente Coronel de Infantaria
Engenheiro Geógrafo

Centro de Informação Geoespacial do Exército
nvicente@igeoe.pt



Simbolização da ão Geográfica 3D

Introdução

Há algum tempo que se iniciou a migração para SIG da cadeia de produção cartográfica do CIGeoE.

Para isso já contribuíram diversos projetos desenvolvidos no CIGeoE, apoiados pelo Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação da Academia Militar (CINAMIL). O CINAMIL é uma estrutura de Investigação, Desenvolvimento e Inovação (ID&I), que tem por missão promover ou par-

ticipar, em colaboração com outras instituições da comunidade científica nacional ou internacional, na realização de projetos de ID&I e na divulgação de conhecimento científico, nomeadamente em áreas de interesse para a segurança e defesa nacionais.

Tendo sido iniciado o processo de migração na Secção Fotogrametria em 2010, com o projeto de “Aquisição de Dados Tridimensionais em Sistemas de Informação Geográfica”, designado por SIG3D, com o objetivo de dotar o então Instituto Geográfico do Exército e o Exército com a capacidade de

aquisição de dados tridimensionais em ambiente SIG, por métodos fotogramétricos. Ainda dentro da aquisição o processo foi estendido à Topografia que adotou os SIG em alguns dos seus processos de trabalho, nomeadamente no apoio fotogramétrico e na completagem. Mais recentemente, em 2015, foi apoiado pelo CINAMIL o projeto “Validação de Informação Geoespacial em 3D (VIGeo3D)”, com o objetivo de desenvolver a capacidade de validar geometria e topologicamente os dados geoespaciais, tridimensionais, com recurso a *software* livre. Com o terminar do VIGeo3D, pode dizer-se que todas as áreas da aquisição de informação na cadeia de produção estão em SIG.

Resta-nos migrar a área da saída de dados, para termos toda a cadeia de produção da Carta Militar de Portugal em SIG.

No entanto outros projetos foram desenvolvidos, ainda antes de 2010, como é o caso do MGCP, inteiramente em SIG. Também a Produção da Carta Aeronáutica de Portugal Continental em 2015 e as Cartas Aeronáuticas dos Açores e da Madeira em 2017 foram inteiramente em SIG. O que levou ao acumular de diversas experiências, tendo-se no final de 2019 submetido ao CINAMIL um projeto para finalizar a passagem da cadeia de produção cartográfica para SIG. Surgiu assim o projeto de Simbolização da Informação Geográfica 3D (SIGeo3D), com o objetivo primário de dar continuidade ao projeto VIGeo3D, finalizando a passagem da cadeia de produção da carta militar para um sistema de Informação geográfica tridimensional. Além deste objetivo, com este projeto pretende-se dotar o Centro de Informação Geoespacial do Exército, e para apoio às Forças Armadas, Forças de Segurança e entidades civis, de um sistema com uma Infraestrutura de dados geoespaciais tridimensionais para apoio à decisão, com toda a simbolização associada, recorrendo a *software* livre, que possibilite a atualização mais célere da cartografia e a utilização dos dados em multiplataforma, interoperável entre os vários ramos das Forças Armadas, Forças de Segurança e entidades civis.

Neste artigo pretende-se dar a conhecer o SIGeo3D, assim, no primeiro capítulo apresentaremos a metodologia adotada. Num segundo capítulo será abordado o trabalho desenvolvido e a desenvolver neste primeiro ano. No terceiro capítulo será referido o trabalho futuro a realizar nos próximos 02 anos, uma vez que o projeto abrange 03 anos. No final serão apresentadas os resultados esperados.

Metodologia

Um dos critérios seguidos pelo SIGeo3D, dando continuidade ao VIGeo3D, é o da investigação e implementação ser com recurso a *software* livre (*open source*).

Assim o *software* a utilizar para a implementação da infraestrutura de dados geoespaciais será o *PostgreSQL*, com a extensão *PostGIS*.

Para a visualização, edição e impressão das folhas será usado o QGIS.

A metodologia para a implementação do projeto divide-se nas seguintes fases:

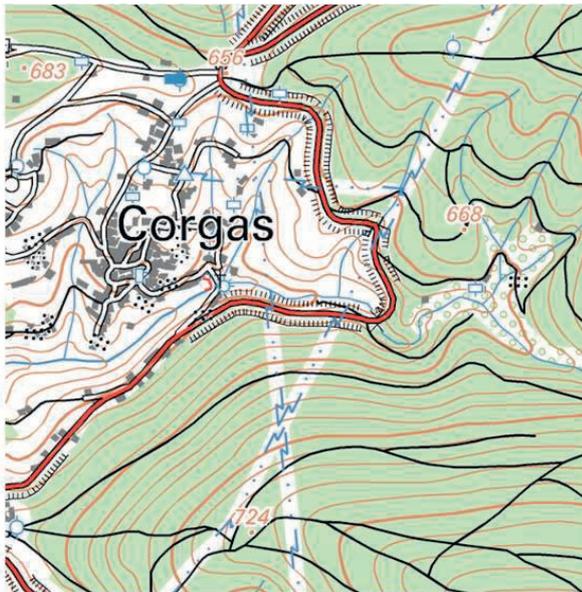
- Modulação da infraestrutura de dados (Base de Dados Geográfica e Base de Dados Cartográfica);
- Integração na Base de Dados das diversas séries cartográficas;
- Produção da simbolização das diversas séries cartográficas;
- Aquisição de *software* e *hardware*;
- Integração com outros projetos, implementação de funções de validação, generalização e interoperabilidade com o Sistema de Informação Geográfica para Apoio às Operações (SIGOp);
- Formação;
- Visitas e Missões.

A ordem atrás indicada é meramente informativa e não vinculativa, podendo em caso de necessidade ser alterada.

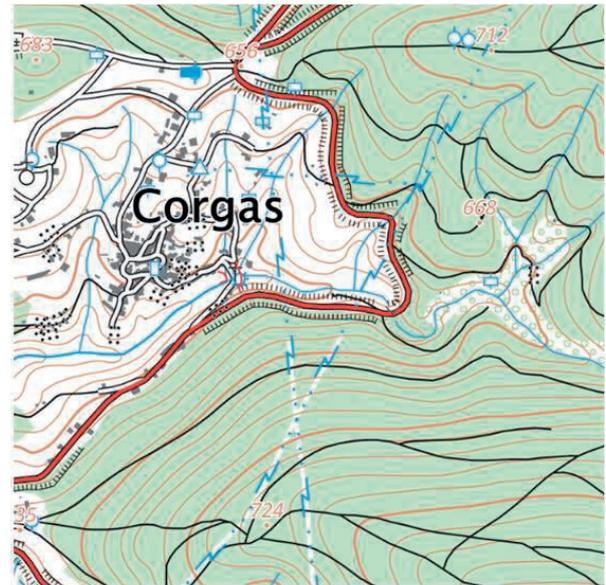
O projeto será desenvolvido por um período de três anos, em que o primeiro (2020) será dedicado à modulação da infraestrutura de dados, integração das séries cartográficas à escala 1:25 000 e 1:50 000 e a sua simbolização. No segundo ano a integração das restantes séries cartográficas, a sua simbolização e desenvolvimento de processos semiautomáticos para atualização da cartografia das pequenas escalas recorrendo inclusive a imagens de satélite. O terceiro ano será para consolidação da infraestrutura e integração com outros projetos já existentes, como o SIGOp, implementando também funções de análise possibilitando a melhoria do apoio à decisão em contexto operacional pela UnApGeo.

Trabalho desenvolvido

Durante a realização do projeto VIGeo3D, para uma melhor perceção das entidades geográficas presentes em cada folha, foi criada a simbologia das séries à escala 1:25 000, a partir das *shapefi-*



Extrato folha 290 produzida após processamento automático (processo atual)



Extrato folha 290 Informação Geográfica Simbolizada a partir de Shapefiles no QGIS

Figura 1 - Extratos da folha 290 simbolizada, formato *tiff*, obtido pelo processo atual e a partir do QGIS

les. Como se pode verificar a simbologia criada é já muito semelhante à simbologia em uso atualmente na cartografia impressa ou *raster*, Figura 1. Assim, esta tarefa será aproveitada no âmbito do SIGeo3D, complementando esta simbologia e importando-a para a base de dados criada para o efeito.

Foi efetuada uma modulação da infraestrutura de dados a partir do diagrama de classes a seguir indicado, Figura 2.

O produto inicial do SIGeo3D é o final do VIGeo3D. Ou seja, será a partir das 18 *shapefiles*, após a fase de validação que as secções de Edição e Revisão passarão a trabalhar.

Paralelamente à criação da simbolização e modelação da base de dados, também a criação do *layout* das folhas da série à escala 1:25 000 está em execução. Todo o *layout* estático tinha sido já anteriormente configurado para o QGIS, Figura 3.

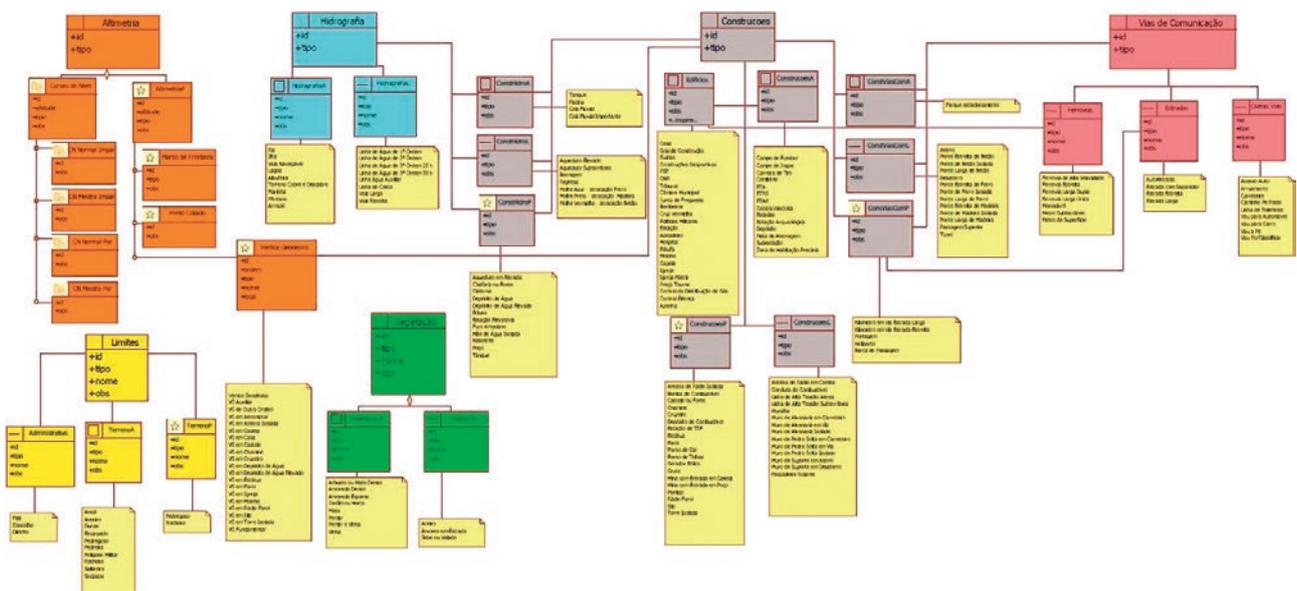


Figura 2 - Diagrama de classes da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000 (Vicente, 2015)

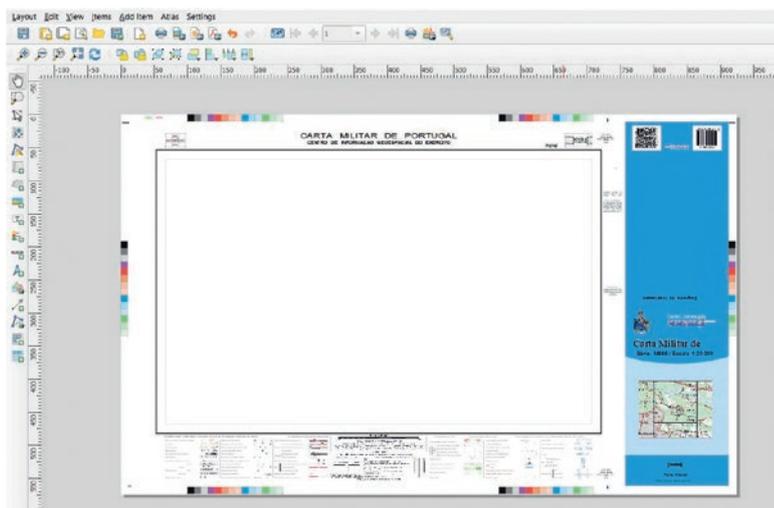


Figura 3 - *Layout* Estático da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000 configurado no QGIS

Neste momento está em desenvolvimento a parte dinâmica deste, nomeadamente, os diversos sistemas de coordenadas impressos, Figuras 4 e 5. No caso do território continental, por exemplo, estão presentes, três sistemas de coordenadas retangulares e dois geográficos, nomeadamente, retangulares UTM-WGS84, quadrícula atualmente principal, representada a linha contínua a preto, retangulares UTM-ED50, quadrícula secundária, representada por traço a azul na cercadura, a TM - WGS84, quadrícula secundária, quadrícula militar representada por traço a castanho na cercadura e as geográficas WGS84 e ED50.

Quanto a manifestação de necessidades para o desenvolvimento do projeto foi solicitado o seguinte material e *software*:

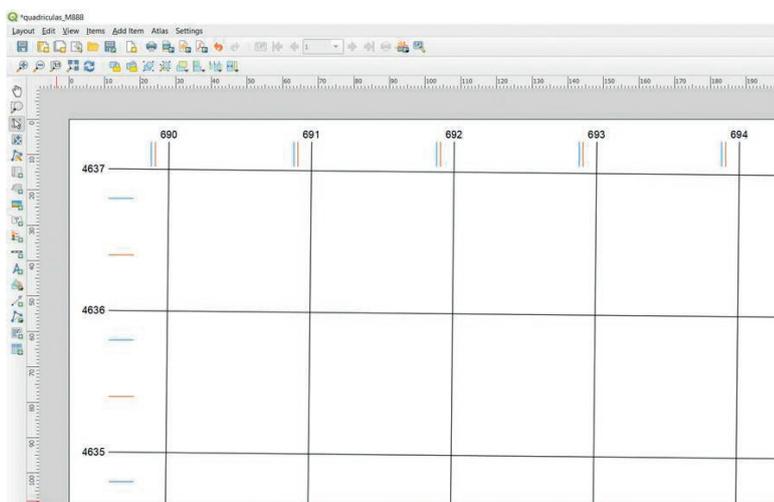


Figura 4 - Extrato das quadrículas das coordenadas retangulares criadas no QGIS

- um computador portátil;
- um monitor 27”;
- um equipamento *Trimble T10*;
- uma licença de *Global Mapper*;

Foi ainda solicitada a seguinte bibliografia técnica:

- *QGIS Map Design, Second Edition*;
- *PostGIS in Action, Third Edition*

Em termos de formação, esperando que no final do ano de 2020 estejam reunidas todas as condições de segurança relativamente à pandemia da COVID-19, que a formação em “Produção Cartográfica com QGIS”, solicitada no âmbito do projeto, possa vir a ser ministrada presencialmente nas instalações do CIGeoE e que todo o Departamento de Controlo e Saída de Dados esteja em condições de trabalhar a partir dos SIG a implementar no início de 2021.

Trabalho futuro

No que respeita ao trabalho a realizar, ainda este ano de 2020, esperamos terminar a integração da da informação à escala 1:25 000 e respetiva simbologia na base de dados, efetuando a edição e revisão a partir desta, terminando com a sua impressão.

Prevê-se integrar o *layout* estático com o dinâmico permitindo a impressão das diversas folhas inseridas na base de dados, ou composições de diversas folhas, selecionando para isso apenas a área que se pretende imprimir.

No início de 2021, iniciar a integração da informação á escala 1:50 000, com a respetiva simbologia, adaptando os respetivos operadores de generalização da escala 1:25 000 para a escala 1:50 000, alguns já abordados em tese de mestrado efetuada em 2015 (Vicente,2015).

Durante 2021, após a receção do material solicitado, há a intenção de testar o equipamento *Trimble T10* em termos de atualização cartográfica, com ligação à base de dados a partir do campo.

Planeado realizar durante os próximos dois anos está a integração das pequenas escalas, nomeadamente as escalas 1:250 000 e a escala 1:500 000, explorando também a possibilidade da sua atualização de forma semi-automática com recurso a imagens de satélite. Com o eventual apoio de um militar que irá iniciar o

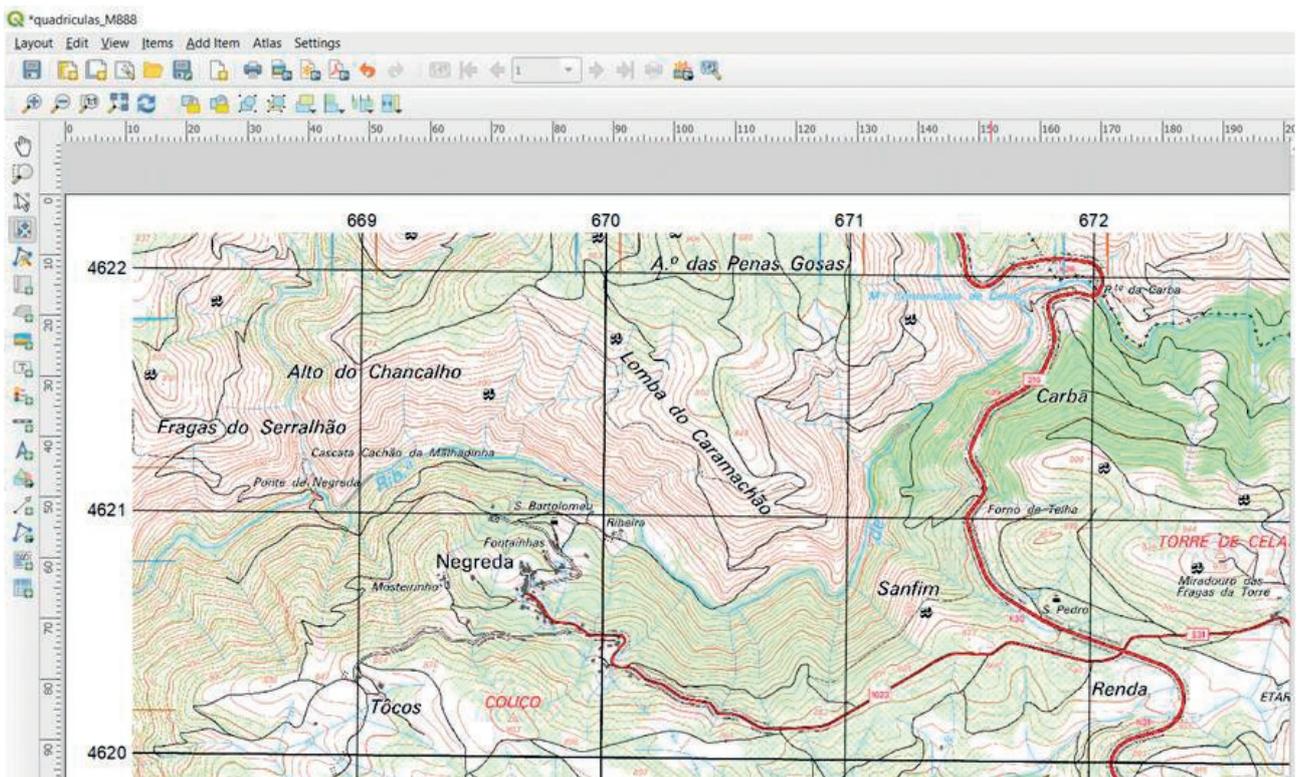


Figura 5 - Extrato da folha 50 com quadrículas criadas no QGIS

seu mestrado em Engenharia Geoespacial na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Em termos de visitas e missões, está previsto no SIGeo3D a participação nas conferências de *Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G)*, o que devido à pandemia de COVID-19 não foi possível em 2020. Há a intenção de em 2022 submeter um artigo sobre este projeto nesta conferência.

No último ano (2022), espera-se ter a infraestrutura com as diversas escalas integradas, consolidando-a como uma infraestrutura de dados geoespaciais, interoperável com outros projetos já existentes, como o SIGOp, possibilitando ainda ser usada, pela UnApGeo, para melhoria do apoio à decisão em contexto operacional.

Resultados esperados

No final deste projeto esperamos ter toda a cadeia de produção a trabalhar em SIG.

Para isso pretende-se produzir a cartografia oficial de forma mais célere, integrando a sua simbologia das diferentes escalas produzidas (1:25 000, 1:50 000, 1:250 000 e 1:500 000) a partir de uma estrutura SIG otimizada para o armazenamento de dados, sem perda de informação, permitindo uma simplificação e aperfeiçoamento de procedimentos na Cadeia de Produção do CIGeoE e consequentemente ter um

aumento de produtividade.

Possibilitar a integração de dados obtidos a partir de outras fontes e o desenvolvimento de outros projetos, podendo vir a constituir-se num sistema de apoio à decisão ou num ambiente de resolução de problemas e facultar ao Exército e às Forças Armadas o reforço da sua valência de elaborar estudos de planeamento e prevenção, de operações de apoio a populações em áreas de risco através da exploração dos dados, potenciando os meios existentes.

O projeto em apreço pode ainda contribuir significativamente como vetor de desenvolvimento nacional atendendo à sua abrangência e emprego, realçando-se a sua aplicabilidade no âmbito do apoio militar de emergência.

Bibliografia

- Soares, Fernando, 2014, *Sistemas de Referência*, Instituto Geográfico do Exército, 4ª edição, Lisboa, páginas 136-137.
- Vicente, Nuno, 2015, *Implementação de uma infraestrutura espacial para generalização da carta militar 1:25 000*. Tese de Mestrado, FCUL: texto não editado.
- Cosme, A., 2012. *Projeto em Sistemas de Informação Geográfica*. 1º ed. Lisboa: Lidel.



A implementação e a certificação de um Sistema de Gestão Integrado da Qualidade, Ambiente e Saúde e Segurança do Trabalho (SIQAS), entrou no horizonte da Direção do então Instituto Geográfico do Exército em Janeiro de 1999, ano em que, foram dados os primeiros passos na elaboração, verificação e aprovação dos documentos que iriam dar suporte ao Sistema.

Em junho de 2001, o IGeoE obtinha a certificação do seu Sistema de Gestão em Ambiente em conformidade com a norma ISO 14001:1996. O processo de certificação do Sistema de Garantia da Qualidade segundo o referencial NP EN ISO 9001: 1995 foi obtido em 2002, tornando-se assim o primeiro organismo da Administração Pública e das Forças Armadas a deter a certificação integrada simultaneamente em Sistemas de Gestão da Qualidade e de Ambiente. O sistema só seria fechado em julho de 2005 com a implementação do Sistema de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho segundo o referencial OHSAS 18001:1999, tornando-se assim, novamente, o primeiro organismo da Administração Pública e das Forças Armadas a deter a certificação integrada simultaneamente em Sistemas de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança e Saúde do Trabalho.

Recentemente, o Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), migrou o seu SIQAS para os mais recentes referenciais normativos, adotando desta forma a estrutura superior do Anexo SL, presente em todas as normas de sistemas de gestão ISO. Ao normalizar todos os Processos, permitiu à organização ter um sistema único e simplificado, focado na melhoria do desempenho, satisfazendo desta forma as exigências por parte dos clientes e da própria sociedade fornecendo produtos e serviços que cumprem requisitos de qualidade, que demonstrem preocupação com o ambiente e que garantam a proteção da integridade física e saúde dos seus colaboradores.

20 anos no Centro de Geoespacial

O Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), casa mãe da cartografia militar portuguesa, assume-se como uma organização eficiente, moderna e responsável, obtendo um elevado prestígio entre os utilizadores de cartografia e de informação geográfica bem como, o respeito das instituições congéneres nacionais e internacionais.

Inserido na estrutura orgânica do Comando da Logística do Exército, tem cumprido de forma exemplar todas as missões que lhe estão atribuídas, obtendo desta forma o reconhecimento nacional e



do SIQAS

Informação do Exército

Fernando Martinho

Tenente-Coronel de Artilharia
Centro de Informação Geoespacial do Exército
fmartinho@igeoe.pt

Gabriel Santos

Capitão de Artilharia
Centro de Informação Geoespacial do Exército
gsantos@igeoe.pt

internacional como uma instituição de referência na produção de informação geoespacial e na investigação científica e desenvolvimento tecnológico.

Por parte da Direção do CIGeoE, existe um claro compromisso de proteger o meio ambiente e assegurar a todos os colaboradores as melhores condições de trabalho, no que respeita às mais recentes normas vigentes ao nível do Ambiente, Segurança e Saúde no Trabalho.

Através de uma filosofia de espírito de missão e vontade de bem servir, tem sido prática corrente, assumida por todos os colaboradores do CIGeoE, adequar

o saber e a tecnologia existente, com vista a conceber, desenvolver e produzir informação geoespacial com elevados parâmetros de qualidade (precisão e rigor), sem descurar os aspetos Ambientais e de Segurança e Saúde do Trabalho resultantes da sua atividade.

Tendo por base estes princípios, a Direção do então Instituto Geográfico do Exército (IGeoE) decidiu, em Janeiro de 1999, implementar um Sistema Integrado de Qualidade e Ambiente (SIQA), tomando como referencial normativo as ISO 9001 e 14001, respetivamente.

Durante um período de aproximadamente um ano, procedeu-se à elaboração, verificação e apro-



vação de documentos, a par de um planeamento de ações e de programas de gestão da Qualidade e Ambiente, onde constavam as metas e objetivos a atingir, bem como, a delegação de responsabilidades nas várias áreas funcionais.

Para proporcionar a todos os colaboradores do IGeoE um melhor entendimento do Sistema que se pretendia implementar, foi necessário realizar palestras e ações de sensibilização, para que se pudessem familiarizar com os requisitos das normas e com a documentação distribuída e utilizada para esse efeito. Nesta fase de implementação do Sistema, foi de extrema importância a posição que a Direção tomou em torno deste desiderato, de forma a obter um maior envolvimento e empenho da Gestão de Topo e de todos os colaboradores em geral.

Relativamente à elaboração documental, pelo facto de ter início em 1999, o referencial adotado, foi a versão NP EN ISO 9001:1995, visto ainda estar em elaboração a versão de 2000.

Em finais do ano 2000, toda a estrutura documental estava aprovada, distribuída e difundida, estando assim o Sistema Integrado de Qualidade e Ambiente (SIQA) em fase de implementação.

Foi então necessário proceder a auditorias internas por auditores externos, no âmbito da Qualidade e Ambiente. Porém, em algumas áreas funcionais do CIGeoE, existiam dificuldades de implementação na vertente da Qualidade, por falta de evidências necessárias ao cumprimento dos requisitos da norma. Contrariamente, o Sistema de Gestão Ambiental, estava bem alicerçado e reunia todas as condições para a sua certificação.

Devido ao elevado empenhamento em compromissos assumidos na altura, concretamente nas tarefas de apoio cartográfico ao “Censos 2001”, a Direção do IGeoE decidiu avançar inicialmente apenas com a certificação do seu Sistema de Gestão Ambiental (SGA), embora continuasse a desenvolver de um modo integrado a implementação do Sistema de Garantia da Qualidade.

Em junho de 2001, o IGeoE obtinha a certificação do seu SGA em conformidade com a norma ISO 14001:1996.

Seguiu-se então o processo de certificação do Sistema de Garantia da Qualidade, segundo o referencial NP EN ISO 9001:1995, com a realização de uma pré-auditoria ao sistema e a subsequente adoção de ações corretivas para o cumprimento dos requisitos da norma. Dada a necessidade de obter um maior envolvimento de todos os colaboradores, foram nomeados elementos de todas as áreas funcionais do IGeoE, para funcionarem como delegados junto do Gabinete de Qualidade e Ambiente (GQA), permitindo deste modo a aplicabilidade do Sistema e simultaneamente uma ação descentralizada.

Em julho de 2002, o Instituto obteve a tão desejada certificação em Qualidade e renovou a sua certificação Ambiental, tornando-se assim o primeiro organismo da Administração Pública e das Forças Armadas a deter a certificação integrada simultaneamente em Sistemas de Gestão da Qualidade e de Ambiente.

Apesar de ter sido encerrada uma etapa extremamente exigente de implementação do Sistema Integrado de Qualidade e Ambiente, a Direção do IGeoE deu um passo significativo, iniciando a transição da norma ISO 9001:1995 para a norma ISO 9001:2000, tal como a preparação para a implementação do Sistema de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho, segundo o referencial OHSAS 18001:1999.

Em 2003, o Instituto obteve a certificação do seu Sistema de Gestão da Qualidade segundo a norma ISO 9001:2000, concluindo assim a transição da norma. Esta transição refletiu os novos requisitos da norma para organizações já certificadas, como a abordagem por processos e uma focalização na satisfação do cliente.

Na prática, a gestão por processos conduziu a uma gestão por objetivos, que foi na realidade a grande “arma” que o IGeoE passou a ter. Um Sistema de Gestão por objetivos tem várias vantagens:

- É um processo que envolve toda a organização (CIGeoE);
- Implica que os gestores dos processos definam metas mensuráveis (Objetivos);
- Estimula a participação e motivação de todos os colaboradores e gestores;



Figura 1 - Entrega formal dos Certificados de Qualidade e Ambiente (ISO 9001:2000 e ISO 14001:1996), ao Diretor do IGeoE, pela APCER

- Permite a avaliação clara dos resultados;
- Permite a tomada atempada de decisões para fazer face a possíveis desvios que possam comprometer a concretização dos objetivos definidos;
- Proporciona uma melhoria contínua.

No entanto, a principal vantagem, foi tornar claro a todo o Instituto, qual o caminho a seguir.

Após um trabalho árduo de implementação dos requisitos e de integração no Sistema de Gestão, em julho de 2005, o IGeoE obteve a certificação do Sistema de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho segundo a norma OHSAS 18001:1999, tornando-se assim novamente, o primeiro organismo da Administração Pública e das Forças Armadas, a deter a certificação integrada simultaneamente em Sistemas de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança e Saúde do Trabalho.

A implementação de um sistema de gestão, independentemente do modelo, é um desafio contínuo e transversal à estrutura de uma organização. Desta forma, o CIGeoE tem vindo a manter um elevado empenhamento da direção e de todos os colaboradores por forma a acompanhar as mais recentes alterações das normas adotadas mantendo as certificações nas três vertentes e transitando sempre que uma das normas sofre uma atualização.

De referir que as transições mais significativas que o CIGeoE adotou, foram as relacionadas com as versões mais recentes das normas de Qualidade e Ambiente, respetivamente a norma ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015, em junho de 2018. A grande diferença comparativamente com as suas antecessoras, é a existência atual de uma estrutura de Alto Nível, fazendo com que as duas normas tenham exatamente a mesma estrutura, facilitando desta forma a sua integração. Mais recentemente, em maio de 2020, o CIGeoE efetuou a transição da norma OHSAS 18001:2007 para a recente norma ISO 45001:2018, que adotou a mesma estrutura de Alto Nível, e estende a responsabilidade da organização ao nível da Segurança e Saúde do Trabalho para os trabalhadores de outras organizações que exerçam serviços dentro do CIGeoE.

Toda esta caminhada, no sentido da implementação, certificação e manutenção com a consequente melhoria contínua do SIQAS, tem dado bastantes frutos ao CIGeoE, pois tem funcionado como uma ferramenta de gestão para a Direção e chefias intermédias, tem elevado o nome do Centro como referên-



Figura 2 - Entrega formal dos Certificados de Qualidade e Ambiente (ISO 9001:2015, ISO 14001:2015), ao Diretor do CIGeoE, pelo CEO da APCER

cia no seio das Forças Armadas, da Administração Pública e de toda a Comunidade Civil.

O SIQAS, cuja implementação se iniciou há 20 anos, tem-se adaptado continuamente a uma dinâmica, refletida nas evoluções que têm surgido aos



Figura 3 - Entrega formal do Certificado de Segurança e Saúde no Trabalho (ISO 45001:2018), ao Diretor do CIGeoE, pela Diretora da Unidade de Certificação da APCER

requisitos das normas, obtendo desta forma uma permanente melhoria contínua dos processos, produtos e serviços sem, contudo, descuidar as questões ambientais e de segurança e saúde do trabalho, em prol de um desenvolvimento sustentável e mais seguro.



As linguagens de programação constituem um modelo de comunicação entre o ser humano e as máquinas. A sua utilização ao longo das últimas seis décadas teve como consequência, um contínuo e crescente desenvolvimento de ferramentas que se encontram ao nosso dispor. No âmbito dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), as linguagens de programação, como o C, C++ e *Python*, tornaram acessíveis um conjunto de ferramentas e bibliotecas que permitem ao utilizador, aceder, processar e disponibilizar informação geográfica.

Contributos linguagem

e das suas bibliotecas no desenvolvimento dos

Introdução

A análise e caracterização do espaço que rodeia o ser humano, terá ocorrido de forma simultânea aquando da sua perceção e necessidade de se proteger das ameaças ou tirar vantagem desse ambiente para capturar o seu alimento. Ela antecede qualquer marco tecnológico conhecido pois, encontra-se evidente em diversos registos arqueológicos e sofreu diversas evoluções conhecidas nos livros de história sobre a humanidade (Lawhead, 2019). Contudo, foi nas últimas décadas que mais se aprofundou o conhecimento sobre o meio que nos rodeia e se teve a curiosidade de ir além-fronteiras, do nosso globo terrestre, para conhecer o geoespaço ainda muito por explorar.

A tecnologia contribuiu decisivamente para estes avanços conseguindo observar de forma mais ampla, mas com maior detalhe, com crescente capacidade de guardar e processar enormes quantidades de dados e disponibilizar os mesmos sobre a forma de informação contextualizada. A par destes avanços tecnológicos esteve sempre presente a interação homem-máquina através de linguagens semanticamente compreendidas, as linguagens de programação.

As linguagens de programação permitiram ao homem realizar cálculos e operações através das máquinas, em número e tempo inversamente proporcionais, que se traduziram na capacidade de realizar vários feitos nos diversos domínios das ciências como também aproximar a tecnologia às pessoas.



da Python

geoespaciais
SIG

Henrique Azevedo

Tenente-Coronel de Artilharia
Engenheiro Informático
Centro de Informação Geoespacial do Exército
hazevedo@igeoe.pt

Sara Goes

Alferes RC - Informação Geográfica
Geografa - Mestre em Ensino de Geografia
Centro de Informação Geoespacial do Exército
sgoes@igeoe.pt

António Soares

Programador de Sistemas
Centro de Informação Geoespacial do Exército
asoares@igeoe.pt



No contexto do tema deste artigo, iremos abordar uma das linguagens que tem tido maior expressão e utilização, entre outras, no desenvolvimento dos SIG para coleta, processamento e visualização de informação geográfica. Não excluindo linguagens como o C/C++, *Java*, *Javascript*, R, SQL entre outras (*PennState College of Earth and Mineral Sciences*, 2020), a linguagem *Python* tem tido, nos últimos tempos, maior notoriedade devido à sua facilidade de compreensão, boa qualidade da documentação e à imensa quantidade de bibliotecas disponíveis para utilização. Abordaremos também neste artigo algumas das bibliotecas disponíveis para utilização com a linguagem *Python* no âmbito dos SIG.

A linguagem *Python*

A linguagem de programação *Python* surgiu em 1991, por Guido van Rossum, um matemático dos Países Baixos, que pretendia desenvolver uma linguagem simples, intuitiva, de código aberto e de fácil compreensão. Trata-se de uma linguagem de programação de alto nível, interpretada, inicialmente direcionada para *scripts*, imperativa, mas que foi evoluindo, assumindo outros paradigmas como uma linguagem orientada a objetos e funcional.

Foi e é, uma linguagem de programação utilizada no desenvolvimento de sistemas operativos, mas rapidamente se alargou a outros domínios sendo que, obteve nos últimos tempos uma maior expressão no domínio científico. No âmbito dos SIG, teve uma rápida ascensão devido às inúmeras bibliotecas geográficas que utiliza e que foram desenvolvidas na linguagem *Python* (Tenkanen, 2018).

Ambientes de desenvolvimento

Para se iniciar o processo de desenvolvimento em *Python* são necessários os seguintes processos: realizar a instalação de uma distribuição com um interpretador, saber pesquisar e consultar a documentação e utilizar um ambiente de desenvolvimento integrado. O processo de instalação pode passar apenas por fazer o *download* da distribuição oficial ou utilizar outras distribuições *Python* que poderão fornecer e diferenciar algumas ferramentas aos utilizadores finais. São exemplo destas distribuições: *CPython*, *ActivePython*, *Jython*, entre outros.

Saber pesquisar e consultar a documentação é

um dos processos fundamentais para o processo de aprendizagem. Existe muita informação disponível na *internet*, muitas vezes fornecendo receitas prontas para utilização, mas, deve-se dar primazia à documentação oficial das distribuições ou da linguagem pois é esta que fornece os fundamentos e ensina a programar de forma correta. A documentação oficial é, portanto, uma boa referência, contudo com o crescente aparecimento de tecnologias orientadas para ensinar e formar, surgiram várias plataformas *online*, algumas delas de acesso livre, que disponibilizam conteúdos verdadeiramente interessantes. São exemplo dessas plataformas o *Coursera*, *Udemy*, *edX*, *Packtpub* entre outras.

O ambiente de desenvolvimento integrado pode ir de um simples editor de texto até ambientes de desenvolvimento mais completos que permitem realizar diversas integrações e automatizar procedimentos e processos por forma a aumentar a produtividade do programador (Fincher, 2020). Algumas características que mais são valorizadas nestes ambientes integrados são a capacidade de destacar visualmente a sintaxe através da coloração diferenciada, o preenchimento de código de forma automática, a verificação de erros aquando da escrita, ferramentas de compilação e automação e a possibilidade de realizar *debug* na pesquisa de erros.

Isolamento de ambientes de trabalho: *conda* e *virtualenv*

Decorrente de uma contínua e acelerada evolução das tecnologias da informação existe a necessidade de isolar ambientes com determinadas características para permitir alguma estabilidade nos sistemas. Desta forma, é possível manter o nível de produção sem ocorrer interferências externas, mas também serve para preparar os novos ambientes com alguma segurança antes de se implementar nas cadeias de produção. Esses mecanismos de isolamento podem ser feitos por *hardware* ou *software*, podem ocorrer ao nível da infraestrutura, dos sistemas operativos, de serviços ou ambientes específicos produzidos por ferramentas próprias para o efeito.

Daremos destaque a duas ferramentas de isolamento de ambiente que mais contribuem para o desenvolvimento de aplicações em *Python* e permitem ao programador criar ambientes isolados com as configurações desejadas e que possibilitam abstrair-se da envolvente que o rodeia (*Real Python*, 2020) : o *conda* e o *virtualenv*.

A ferramenta **conda** é uma solução *open source* que permite fazer a gestão de *software* e das suas dependências e construir e gerir ambientes de trabalho em diversas linguagens. É uma ferramenta bastante utilizada pela comunidade, fruto da sua simplicidade de utilização e pelo fácil acesso aos seus repositórios das bibliotecas. Após a sua instalação via repositório *Anaconda* ou *Miniconda* (versão simplificada), basta utilizar simples comandos ou utilizar a interface gráfica do *Anaconda Navigator* para construir e gerir ambientes. Seguem-se alguns exemplos:

```
# Criar ambiente Python 2.7
conda create --name nomeAmbiente Python=2.7
# Criar ambiente Python 3.8
conda create --name nomeAmbiente Python=3.8
```

Depois ativar:

```
conda activate nomeAmbiente
```

E dentro deste ambiente poderá instalar novas bibliotecas e realizar configurações específicas sem afetar o ambiente da máquina.

```
conda install nomeBiblioteca
```

No final bastará apenas sair e voltar ao estado da máquina original, fazendo:

```
conda deactivate
```

O **virtualenv** é um módulo que já vem com a distribuição *Python*, a partir da versão 3.3, e como tal não é necessária instalação adicional para gerir ambientes de desenvolvimento. Faz a gestão dos ambientes de trabalho, mas não faz a gestão de bibliotecas e das suas dependências. Para tal, pode-se utilizar conjuntamente outras ferramentas que integram a distribuição *Python*, como por exemplo o **pip** (*Python Packaging Authority*, 2020).

O processo de gerar novos ambientes virtuais é semelhante à ferramenta anterior bastando executar:

```
python -m venv nomeambiente/
```

Ativar o ambiente:

```
# em ambiente Windows
nomeambiente/Script/activate.bat
```

A instalação de novos pacotes pode ser feita por:

```
pip install nomeBiblioteca
```

Para sair do ambiente basta apenas fazer:

```
deactivate
```

No decorrer da leitura podem surgir dúvidas sobre o motivo de não utilizar apenas uma das ferramentas

acima descritas. A utilização da ferramenta **conda** permite criar ambientes com diferentes versões *Python*, por exemplo, um ambiente com a versão *Python 2.7* e outro ambiente com versão *Python 3.8*, já o **virtualenv** apenas permite criar diferentes ambientes, mas na mesma versão *Python* que o sistema disponibilizar.

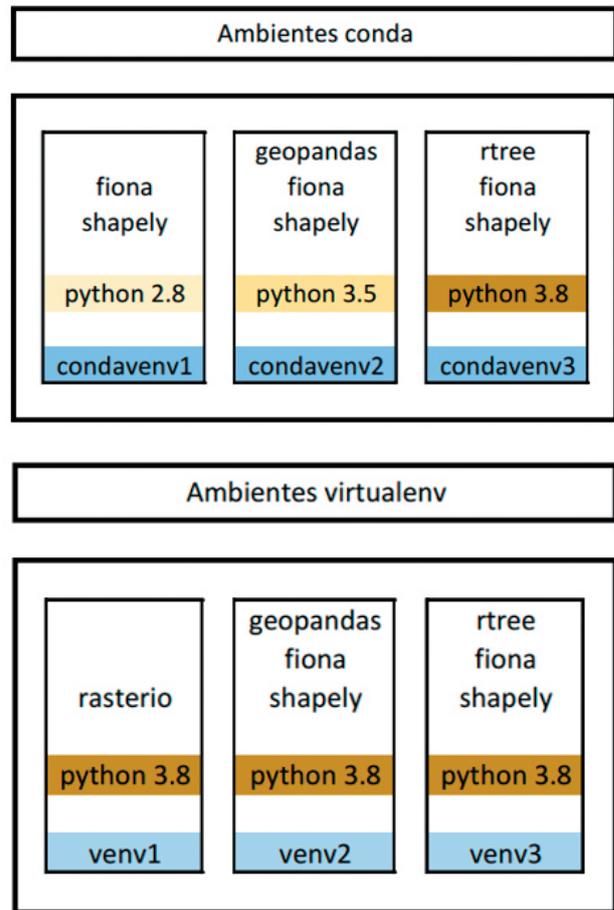


Figura 1 - Diferença entre ambientes *conda* e *virtualenv*

Bibliotecas geoespaciais

As bibliotecas geoespaciais auxiliam e agilizam mais rapidamente as operações sobre dados, sejam operações de leitura e escrita, sobre ficheiros ou

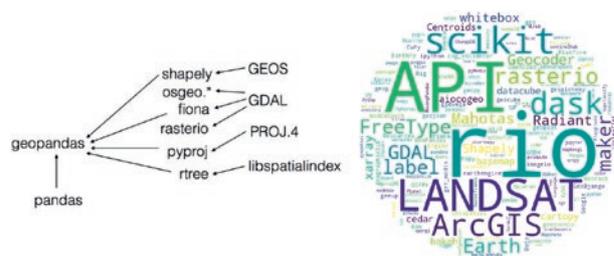


Figura 2 - Representação de bibliotecas e dependências entre estas

bases de dados, processamento, visualização ou transformação de dados. Algumas das bibliotecas existentes foram desenvolvidas em *Python*, outras são bibliotecas de ligação para outras bibliotecas desenvolvidas em linguagens mais eficientes. Havendo imensas bibliotecas desenvolvidas em *Python* conforme representação da Figura 2 iremos abordar algumas delas e focar alguns aspetos mais interessantes.

PYTHON SHAPEFILE LIBRARY (PYSHP)

A biblioteca **pyshp** é uma simples biblioteca que permite a leitura e escrita de *shapefiles* ESRI. Surgiu em 2011 e encontra-se disponível à comunidade sob a licença MIT (*Massachusetts Institute of Technology*).

Permite ler e escrever qualquer um dos ficheiros (*shp*, *shx*, *dbf*) e descreve-se abaixo algumas das operações.

```
import shapefile

shp = shapefile.Reader("nomeShapefile")

shp.shapeType          # obter o tipo, NULL=0, POINT=1, POLYLINE=3, POLYGON=5, ...
len(shp)               # obter o nº de features
shp.bbox               # obter a bounding box
shp.shape(3)           # ler geometria específica
shapes = shp.shapes()  # obter as geometrias
fields = shp.fields    # obter tipo de registos
records = shp.records() # obter registos
record_last=shp.record(-1) # obter ultimo registo
```

Informação complementar:

- Projeto: <https://github.com/GeospatialPython/pyshp>
- Biblioteca: <https://pypi.org/project/pyshp/>

SHAPELY

Biblioteca para manipulação e análise de recursos planares desenvolvido por Sean Gillies, desde 2007, sob a licença BSD (*Berkeley Software Distribution License*). Trata-se de uma biblioteca de alto nível, desenvolvida com a linguagem *Python* e que interliga com a biblioteca GEOS (*Geometry Engine - Open Source*), sendo esta uma implementação em C++ da *suite JTS (JTS Topology Suite)*.

Realiza operações geométricas sobre objetos geométricos sem necessitar de utilizar bases de dados, procurando minimizar a sobrecarga de operações como a persistência dos dados, serialização de objetos e funcionalidades mais complexas como por exemplo, operações relacionadas com projeções. Permite a medição de áreas e realizar operações geométricas tais como: *contains*, *intersects*, *overlaps*, *touches*, *buffer*, *convex hull*, *union*, entre outras. Não suporta operações de transformação de coordenadas e assume que todas as operações são realizadas no mesmo plano cartesiano.

O modelo de dados espaciais baseia-se em três geometrias fundamentais: *Point*, *Curve* e *Surface* e na sua relação com outros pontos no plano. Com estas geometrias fundamentais e conceitos como interior, fronteira e exterior permite derivar para outras geometrias como *points*, *multipoints*, *linestrings*, *multinestrings*, *linearrings*, *multipolygons* e *polygons*.

Opera com outras bibliotecas em operações de leitura e escrita de ficheiros e transformação para diferentes representações como WKT (*Well Known Text*) e WKB (*Well Known Binary*) e *GeoJSON*.

Abaixo fica um exemplo parcial de implementação da biblioteca:

```
from shapely import wkt, geometry

wktPoly = "POLYGON((1 1,4 0,4 4,0 4,1 1))"
poly = wkt.loads(wktPoly)
poly.area          # obter area
12.0
buf = poly.buffer(2.0) # criar buffer
buf.area          # obter area
53.19464553963173
```

Informação complementar:

- Documentação: <https://shapely.readthedocs.io/en/latest/>
- Manual: <https://shapely.readthedocs.io/en/latest/manual.html>
- Projeto: <https://github.com/Toblerity/Shapely>
- Biblioteca: <https://pypi.org/project/Shapely>

FIONA

Biblioteca desenvolvida desde 2011, sobre a licença BSD, cuja principal função é ler e escrever dados geoespaciais no formato vetor. Trata-se de uma biblioteca que funciona como interface da biblioteca OGR (*OpenGIS Reference Implementation*) do GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*). Opera sobre vários formatos de ficheiros vetoriais, onde se destacam os *ESRI Shapefiles* e *GeoJSON*, e sobre arquivos compactados. Converte os dados lidos em objetos ou estruturas do *Python*, por exemplo dicionários, e utiliza outras funcionalidades da linguagem para processar a informação. Trabalha com representações WKT e WKB.

Suporta as geometrias inerentes ao *GeoJSON* e as suas variantes 3D, sendo elas: *Point*, *LineString*, *Polygon*, *MultiPoint*, *MultiLineString*, *MultiPolygon*, *GeometryCollection*, *3D Point*, *3D LineString*, *3D Polygon*, *3D MultiPoint*, *3D MultiLineString*, *3D MultiPolygon*, *3D GeometryCollection*. Estas ultimas geometrias 3D apenas quando aplicadas a coleções. Não trabalha com *layers* nem cursores, não realiza operações geométricas nem transformações entre sistemas de coordenadas pois essas tarefas são realizadas por outras bibliotecas como por exemplo o *Shapely*, *pyproj* e *RTree*, etc.

Trabalha nos sistemas operativos em Windows, Linux e OS X.

Fica abaixo um exemplo da implementação da biblioteca **Fiona**:

```
import fiona

f = fiona.open("area.shp")          #open file
>>> f.driver
ESRI Shapefile

>>> f.bounds # Returns (minx, miny, maxx, maxy).
(197938.987, 379198.814, 200000.0, 380000.0)

>>> f.closed # ``False`` if data can be accessed, otherwise ``True``.
False

>>> f.schema # Returns a mapping describing the data schema.
{'properties': OrderedDict([('source', 'str:80'), ('num_folha', 'str:80')]), 'geometry': '3D Polygon'}
```

Possui ainda uma interface em linha de comando, designada por *fio* e permite obter informações sobre os dados.

```
fio info --indent 2 area.shp
{
  "driver": "ESRI Shapefile",
  "schema": {
    "properties": {
      "source": "str:80",
      "num_folha": "str:80"
    },
    "geometry": "3D Polygon"
  },
  "crs": "EPSG:20790",
  "crs_wkt": "PROJCS[\"Lisbon (Lisbon) / Portuguese National Grid\",GEOGCS[\"Lisbon (Lisbon)\",
... ]",
  "bounds": [
    197938.987,
    379198.814,
    200000.0,
    380000.0
```

```

],
"name": "area",
"count": 11
}

```

Informação complementar:

- Documentação: <https://fiona.readthedocs.io/en/latest/>
- Manual: <https://fiona.readthedocs.io/en/latest/manual.html>
- Projeto: <https://github.com/Toblerity/Fiona>
- Biblioteca: <https://pypi.org/project/Fiona/>

RASTERIO

Biblioteca para análise de dados geoespaciais e processamento de informação *raster* resultante de um projeto *open source*, sob a licença BSD, desenvolvido pela empresa *Mapbox* em 2013. É baseada nas bibliotecas GDAL e NumPy e pretende aproveitar as vantagens que a linguagem *Python* oferece ao invés da complexidade da utilização de linguagens como o C e C++.

Utiliza preferencialmente o formato *GeoTIFF*, entre outros formatos, para guardar e organizar conjuntos de dados matriciais como imagens de satélite ou modelos de terreno. Permite ainda a leitura e escrita de dados multidimensionais a partir de ficheiros e um conjunto de operações sobre os *rasters* tais como: ler propriedades do *raster*, criar *overviews*, realizar operações de reprojeção, georreferenciação, transformações de coordenadas, operações de rasterização de *shapes*, extração de *shapes* a partir de *rasters*, entre outras.

Possui ainda uma interface em linha de comandos que possibilita de forma interativa ou via *scripting* a realização da maioria das operações sobre *rasters*. Permite ainda incorporar módulos externos e manipular as variáveis de ambiente.

Seguem abaixo alguns exemplos:

```

rio info data\442.tif # obter informação
{"bounds": [102329.375, 177340.625, 125409.375, 191690.625], "colorinterp": ["red", "green",
"blue", "alpha"], "compress": "lzw", "count": 4, "crs": "EPSG:20790", "descriptions": [null,
null, null, null], "driver": "GTiff", "dtype": "uint8", "height": 11480, "indexes": [1, 2, 3,
4], "interleave": "pixel", "lnglat": [-9.12213301351948, 38.62385851654188], "mask_flags":
[["per_dataset", "alpha"], ["per_dataset", "alpha"], ["per_dataset", "alpha"], ["all_valid"]],
"nodata": null, "photometric": "cmyk", "res": [1.25, 1.25], "shape": [11480, 18464], "tiled":
false, "transform": [1.25, 0.0, 102329.375, 0.0, -1.25, 191690.625, 0.0, 0.0, 1.0], "units":
[null, null, null, null], "width": 18464}

rio overview --build 2,4,8,16 data/442.tif # criar overviews
rio overview --ls data\442.tif # listar overviews
Overview factors:
Band 1: [2, 4, 8, 16] (method: 'nearest')
Band 2: [2, 4, 8, 16] (method: 'nearest')
Band 3: [2, 4, 8, 16] (method: 'nearest')
Band 4: [2, 4, 8, 16] (method: 'nearest')

```

Não possui um modelo de dados específico, mas utiliza os dados estruturados associados ao *GeoTIFF* para organizar e guardar dados matriciais e outros conjuntos de dados. Trabalha essencialmente com as três dimensões: *bands*, *rows* e *columns*.

Trabalha diretamente com o *Numpy* e o *GDAL* para realizar os cálculos associadas às operações geométricas e com a biblioteca *Fiona* para operações sobre *shapes*, e também com bibliotecas de visualização como o *plot*, *imshow* e *matplotlib*.

Funciona com sistemas operativos Windows, Linux e OS X.

Fica a implementação abaixo para abrir e ler os atributos de uma imagem *raster*.

```

import rasterio

dataset = rasterio.open('RGBA.byte.tif')

# DATASET ATTRIBUTES
>>> dataset.count
4
>>> dataset.width
791
>>> dataset.height
718

# DATASET GEOREFERENCING
>>> dataset.bounds
BoundingBox(left=101985.0, bottom=2611485.0, right=339315.0, top=2826915.0)
>>> dataset.transform
Affine(300.0379266750948, 0.0, 101985.0,
       0.0, -300.041782729805, 2826915.0)
>>> dataset.crs
CRS.from_epsg(32618)

# READING Raster DATA'
>>> dataset.indexes
(1, 2, 3, 4)
>>> band1 = dataset.read(1)
>>> band2 = dataset.read(2)
>>> band1
array([[0, 0, 0, ..., 0, 0, 0],
       [0, 0, 0, ..., 0, 0, 0],
       [0, 0, 0, ..., 0, 0, 0],
       ...,
       [0, 0, 0, ..., 0, 0, 0],
       [0, 0, 0, ..., 0, 0, 0],
       [0, 0, 0, ..., 0, 0, 0]], dtype=uint8)
>>> band2
array([[0, 0, 0, ..., 0, 0, 0],
       [0, 0, 0, ..., 0, 0, 0],
       [0, 0, 0, ..., 0, 0, 0],
       ...,
       [0, 0, 0, ..., 0, 0, 0],
       [0, 0, 0, ..., 0, 0, 0],
       [0, 0, 0, ..., 0, 0, 0]], dtype=uint8)

```

Informação complementar:

- Documentação: <https://rasterio.readthedocs.io/en/latest/>
- Projeto: <https://github.com/mapbox/rasterio>
- Biblioteca: <https://pypi.org/project/rasterio/>

PYPROJ

PyProj é uma biblioteca que serve de interface para a biblioteca PROJ (*Cartographic projections and coordinate transformations library*). Desenvolvida desde 2006, sob a licença MIT, permite realizar operações cartográficas e geodésicas, tais como visualizar, alterar e extrair atributos dos sistemas de coordenadas de referencia (CRS), transformar CRS para outros CRS, converter para outras representações, por exemplo WKT, e ainda realizar algumas operações geodésicas como medir distâncias, calcular áreas, perímetros, etc.

Pode trabalhar com outras bibliotecas como por exemplo o *Shapely* e o *GDAL* para operações sobre dados em formato vetor e funciona nos diferentes sistemas operativos, Windows, Linux e OS X.

A seguir fica um exemplo de algumas operações:

```

from pyproj import CRS, Geod
from pyproj.enums import WktVersion

crs = CRS.from_epsg(4326)

# representação WKT
crs.to_wkt()
crs.to_wkt(pretty=True)

# Transformations from CRS to CRS
from pyproj import Transformer
transformer = Transformer.from_crs("EPSG:4326", "EPSG:26917")
transformer.transform(50, -80)

# Converting between geographic and projection coordinates within one datum
crs = CRS.from_epsg(3857)
proj = Transformer.from_crs(crs.geodetic_crs, crs)
proj.transform(12, 15)

# Calcular distância
lats = [-72.9, -71.9, -74.9, -74.3, -77.5, -77.4, -71.7, -65.9, -65.7, -66.6, -66.9, -69.8,
-70.0, -71.0, -77.3, -77.9, -74.7]
lons = [-74, -102, -102, -131, -163, 163, 172, 140, 113, 88, 59, 25, -4, -14, -33, -46, -61]
geod = Geod(ellps="WGS84")
geod.line_length(lons, lats)

# Calcular área e perímetro
geod = Geod('+a=6378137 +f=0.0033528106647475126')
lats = [-72.9, -71.9, -74.9, -74.3, -77.5, -77.4, -71.7, -65.9, -65.7, -66.6, -66.9, -69.8,
-70.0, -71.0, -77.3, -77.9, -74.7]
lons = [-74, -102, -102, -131, -163, 163, 172, 140, 113, 88, 59, 25, -4, -14, -33, -46, -61]
poly_area, poly_perimeter = geod.polygon_area_perimeter(lons, lats)
poly_area
poly_perimeter

```

Informação complementar:

- Documentação: <http://pyproj4.github.io/pyproj/stable/>
- Projeto: <https://github.com/pyproj4/pyproj>
- Biblioteca: <https://pypi.org/project/pyproj/>

RTREE

Biblioteca em *Python*, sob a licença MIT, desenvolvida desde 2007, faz a interface com a biblioteca *libspatialindex*. Fornece um conjunto avançado de funcionalidades de indexação e pesquisa de dados geoespaciais. Essas funcionalidades incluem: pesquisa pelo vizinho mais próximo, pesquisas de interseção, indexação multidimensional e em dados em *cluster*, processamento em blocos, serialização de dados, entre outros. Funciona nos sistemas operativos Microsoft e Linux.

Seguem abaixo algumas operações com a biblioteca:

```

from rtree import index

# Constroi indice
idx = index.Index()

# Cria bounding box
left, bottom, right, top = (0.0, 0.0, 1.0, 1.0)

# Inserção de dados
idx.insert(0, (left, bottom, right, top))
idx.insert(1, (1.0, 1.0, 2.0, 2.0))
idx.insert(2, (3.0, 3.0, 4.0, 4.0))

```

```

# Pesquisa por intercepção
list(idx.intersection((-1.0, -1.0, -0.1, -0.1))) # Não intercepta
list(idx.intersection((0.0, 0.0, 1.0, 1.0))) # intercepta idx 0 e 1
list(idx.intersection((3.0, 3.0, 4.0, 4.0))) # intercepta idx 2

# Vizinhos mais próximos
idx.insert(1, (left, bottom, right, top))
list(idx.nearest((1.0000001, 1.0000001, 2.0, 2.0), 1)) # devolve o idx 1
list(idx.nearest((3.0000001, 3.0000001, 3.5, 3.5), 1)) # devolve o idx 2

# Escrita em ficheiro
file_idx = index.Rtree('rtree')
file_idx.insert(1, (left, bottom, right, top))
file_idx.insert(2, (left - 1.0, bottom - 1.0, right + 1.0, top + 1.0))
[n for n in file_idx.intersection((left, bottom, right, top))]

# indexação dados 3D
p = index.Property()
p.dimension = 3
p.dat_extension = 'data'
p.idx_extension = 'index'
idx3d = index.Index('3d_index', properties=p)
idx3d.insert(1, (0, 0, 1, 2, 2, 5))

list(idx3d.intersection( (0, 0, 1, 2, 2, 4))) # devolve 1
list(idx3d.intersection( (0, 0, 4, 2, 2, 8))) # devolve 1
list(idx3d.intersection( (2, 2, 5.1, 2, 2, 5.2))) # devolve vazio

```

Informação complementar:

- Documentação: <https://rtree.readthedocs.io/en/latest/tutorial.html>
- Projeto: <https://github.com/Toblerity/Rtree>
- Biblioteca: <https://pypi.org/project/Rtree/>

GEOPANDAS

A biblioteca **GeoPandas** é uma biblioteca que facilita a manipulação de dados geoespaciais e funciona como uma extensão da biblioteca *pandas* para processamento de dados geográficos. Desenvolvida desde 2014, sob a licença BSD, procura facilitar o trabalho dos profissionais e programadores, combinando várias ferramentas a um nível mais abstrato e retirando alguma complexidade de lidar com outras ferramentas mais complexas.

Possui duas estruturas de dados, *GeodataFrames* e *GeoSeries*. As *Geoseries* correspondem a dados vetoriais em que cada entrada corresponde a uma ou mais *shapes* (ou conjunto de *shapes*) correspondentes a uma observação. Possui três tipos básicos implementados nas classes: *Points/Multipoints*, *Lines/Multilines*, *Polygons/Multipolygons*. Implementa todas as funcionalidades sobre os objetos da biblioteca *Shapely* mas aplicadas às *GeoSeries*. Possui atributos tais como: *area*, *bounds*, *geom_type*; funções para obter distâncias,

centroides, CRS; realizar transformações afins (*rotate*, *scale*, *skew*, *translate*); e operações de relações entre geometrias (*contains* e *intersects*).

O tipo de dados *GeoDataFrames* corresponde a estrutura de dados tabulares que possuem *GeoSeries*. As tabelas podem possuir mais do que uma coluna com dados geoespaciais mas apenas uma coluna está ativa e possui um estatuto especial designada por *GeoDataFrame's "geometry"*. É sobre esta coluna que recaem as operações geoespaciais como por exemplo obter a área. Todas as operações referidas nas *Geoseries* funcionam sobre este tipo de dados e possui ainda operações adicionais para leitura e escrita de dados e *geocoding*.

Trabalha conjuntamente com outras bibliotecas mais genéricas, *numpy* e *pandas*, mas trabalha diretamente com a biblioteca *Shapely* para realização de operações geométricas, depende da biblioteca *Fiona* para leitura de dados, utiliza bibliotecas como *Matplotlib* e *Descartes* para representar os dados em modo gráfico e construir mapas e o *PyProj* para transformação de coordenadas. Trabalha sobre dados nos formatos *Shapefile*, *GeoJSON* e possibilita conexões a bases dados através de bibliotecas como a *Fiona* e *PostGIS*. Funciona nos sistemas operativos Windows, Linux e OS X.

A seguir fica um exemplo de implementação.

```
import geopandas as gpd

# ler a shapefile
fp = "../../../../data/DAMSELFISH_distributions.shp"
data = gpd.read_file(fp)

# ver o tipo de dados
type(data)

# mostrar cabeçalho
data.head()

# Escrever Shapefile
out = "../../../../data/tmp_out.shp"
sel = data[0:10] # Seleccionar 10 linhas
sel.to_file(out)

# obter areas
data.area
data['area'].max() # area máxima
data['area'].mean() # area média

# Gerar mapa e guardar
my_map = data.plot()
outfp = "../../../../data/map.png"
plt.savefig(outfp, dpi=300)
```

Informação complementar:

- Documentação: <https://geopandas.org/io.html>
- Projeto: <https://geopandas.org/>
- Biblioteca: <https://pypi.org/project/geopandas/>

Python e as aplicações ArcGIS e QGIS

Existem no mercado várias aplicações SIG que permitem utilizar a linguagem *Python* para automatizar processos repetitivos ou para adicionar novas funcionalidades. Destacam-se duas delas, a plataforma *ArcGIS* e o Quantum GIS (QGIS). Iremos abordar neste capítulo de que forma a linguagem *Python* interage com estas aplicações.

ArcPy e ArcGIS API for Python

A ESRI, empresa internacional que desenvolve o *software ArcGIS*, de mapeamento e análise geoespacial, disponibiliza duas ferramentas para o desenvolvimento de aplicações e *scripts* em *Python*, nomeadamente o *ArcPy* e a *ArcGIS API Python*.

O *ArcPy* é uma biblioteca nativa da plataforma *ArcGIS* que fornece aos utilizadores e programadores a capacidade de executar análise, conversão e gestão de dados geoespaciais como também, processos de automação de publicação de mapas. A biblioteca *ArcPy* surgiu inicialmente na versão 9 do *ArcMap* e atualmente já se encontra integrada com o *ArcGIS Pro*.

A biblioteca *ArcPy* pode ser utilizada no contexto de um *script*, de uma aplicação, fornecendo o acesso a ferramentas de geoprocessamento, a módulos e funções para criar *workflows* de forma simples. As ferramentas de geoprocessamento envolvem áreas mais especializadas e estão sujeitas a licenciamento, tais como: *3D Analyst*, *Aviation*, *Cartography*, *Workflow Manager*, etc. As funções executam tarefas específicas e podem ser incluídas nas aplicações ou *scripts* para realizar operações como listar conjuntos de dados, aceder a propriedades do conjunto de dados, verificar a existência de dados, validar dados, etc. As classes como a *SpatialReference* e *Extent* são utilizadas como atalhos para a parametrização de ferramentas de geoprocessamento. Os módulos cobrem áreas especializadas como a edição de dados, manipulação de conteúdos e extensões a ferramentas de geoprocessamento existentes, *Spatial Analyst* e *Network Analyst*, conferindo funcionalidades adicionais. Adicionalmente, a biblioteca *ArcPy* permite acesso a configurações do ambiente de geoprocessamento, como à área de interesse, ao CRS do conjunto de dados, ao tamanho das células do conjunto de dados, entre outras.

A seguir fica um exemplo.

```
import os
import sys
import types

import ArcPy.mapping
from ArcPy import env
from ArcPy import mapping as MAP

mxd = MAP.MapDocument("d:/data/maps/basemap.mxd")

# verify has extension
ArcPy.CheckOutExtension("spatial")

# Create a spatial reference object
spatial_ref = ArcPy.SpatialReference('North America Equidistant Conic')

# Run CreateFeatureclass using the spatial reference object
ArcPy.CreateFeatureclass_management(
    in_workspace, output_name,
    spatial_reference=spatial_ref)

in_features = "c:/temp/rivers.shp"

# Tools can be accessed as functions on the ArcPy module
ArcPy.GetCount_management(in_features)
```

```
# Or from modules matching the toolbox name
ArcPy.management.GetCount(in_features)

# Function example
input = ArcPy.GetParameterAsText(0)
if ArcPy.Exists(input):
    print("Data exists")
else:
    print("Data does not exist")

pointA = ArcPy.Point(1.0, 2.0)
pointB = ArcPy.Point(3.5, 6.0)

# Set env variables
env.workspace = "d:/data"
env.XYTolerance = 2.5

# Reset geoprocessing environment settings
ArcPy.ResetEnvironments()

# Reset a specific environment setting
ArcPy.ClearEnvironment("workspace")
```

A API *ArcGIS* for *Python* (*Application Programming Interface*) é uma biblioteca simples e leve para análise de dados geoespaciais baseados na localização, gestão de portais geoespaciais e processamento de dados no âmbito da *data science*. Permite reduzir tarefas repetitivas e estender a área de trabalho para além do posto de trabalho local. Atualmente, a aposta em produtos como *Software as a Services* (SaaS), por exemplo o *Portal For ArcGIS* ou o *ArcGIS Online*, possibilita distribuição dos conteúdos por diferentes grupos de utilizadores dispersos nas redes internas das empresas como também na *Internet*.

Tem-se vindo a apostar na disponibilização de serviços sob a forma de serviços *ArcGIS* REST (*Representational State Transfer*), possibilitando a visualização dos dados geoespaciais sobre mapas 2d e 3d e no fornecimento de mapas da ESRI e de outras fontes, prontos para utilização. Algumas das funcionalidades avançadas, permite a utilização de algoritmos especializados nas áreas do *deep learning* como por exemplo classificação de *pixéis* e imagens, deteção de objetos, do *big data* (visualização de grandes conjuntos de dados), de relações geoespaciais entre estes, explorar várias dimensões, prever e/ou modelar eventos; e ainda funcionalidades avançadas na análise de imagens *raster* e integração com outras bibliotecas como *Scikit-Learn*, *Seaborn* e *NumPy*. Segue um exemplo da utilização da biblioteca e API.

```
from ArcGIS.gis import GIS
from ArcGIS.geocoding import geocode
from ArcGIS.geometry import lengths

gis = GIS()
map1 = gis.map()
map1.basemap = "satellite"

map1.height = '650px'
location = geocode("Central Park, New York")
[0]
map1.extent = location['extent']
map1.zoom = 14
map1
```



Figura 3 - Imagem resultante da utilização da Biblioteca do *ArcGIS*

Informação complementar:

- Documentação: <https://developers.ArcGIS.com/Python/>
- Biblioteca: <https://pypi.org/project/ArcGIS/>

***Python* no QGIS (PyQGIS)**

O QGIS é uma aplicação *open source*, criada em 2002, sob a licença *GNU General Public License* focada na leitura, visualização, processamento e transformação de dados geográficos, *raster* e vetor, que concorre diretamente com alguns produtos da ESRI. Atualmente na versão 3.16, desenvolvida na linguagem C++ e sobre uma interface Qt, possui suporte à utilização de *scripts* e *Python* desde a versão 0.9 para os diferentes sistemas operativos (Windows, Linux e OS X).

Existem quatro formas de utilizar a linguagem *Python*: executando via *script* quando a aplicação QGIS é inicializada, por linha de comando através da



Figura 4 - Consola Python do QGIS

consola gráfica da aplicação, através de *plugins* e por aplicações personalizadas com base na API do QGIS.

A execução de *scripts* na inicialização do QGIS pode ser feita por dois métodos: afetando a variável de ambiente PYQGIS_STARTUP para o qual aponta para um *script* em Python ou existindo um *script* com o nome *startup.py* na pasta AppData\Roaming\QGIS\QGIS3 e em ambos os casos estes são executados antes de iniciar o QGIS.

Na segunda opção o QGIS fornece uma consola para scripting que poderá ser aberta em **Plugins>Python Console** onde se pode executar comandos para realizar operações sobre os dados que estão a ser visualizados. Na Figura 4 pode-se visualizar uma mensagem e o número de *features* da camada visível.

Os *plugins* do QGIS servem para estender funcionalidades que o utilizador não encontra no QGIS ou existindo, não cumpra as expectativas que ele espera encontrar. Estes têm a vantagem de dar flexibilidade e liberdade aos utilizadores de desenvolverem os seus *plugins* e não onera a distribuição com a compilação dos mesmos a cada saída de uma nova versão. Os *plugins* desenvolvidos pelo utilizador devem estar na pasta `~/(UserProfile)/Python/plugins` e os do sistema ou de terceiros na pasta `(qgis_prefix)/Python/plugins` e eventualmente poderá ficar numa outra pasta desde que se afete a variável de ambiente QGIS_PLUGINPATH com o caminho da pasta.

Criar e publicar um *plugin* obriga a um conjunto de procedimentos de acordo com a arquitetura da aplicação QGIS sendo que, a forma mais simples de criar um *plugin* é utilizar o *Plugin Builder* do próprio QGIS (Plugin>Plugin Builder) pois este fornece uma interface interativa e intuitiva que facilita a

construção dos mesmos que resultará numa estrutura algo semelhante com a imagem da Figura 5.

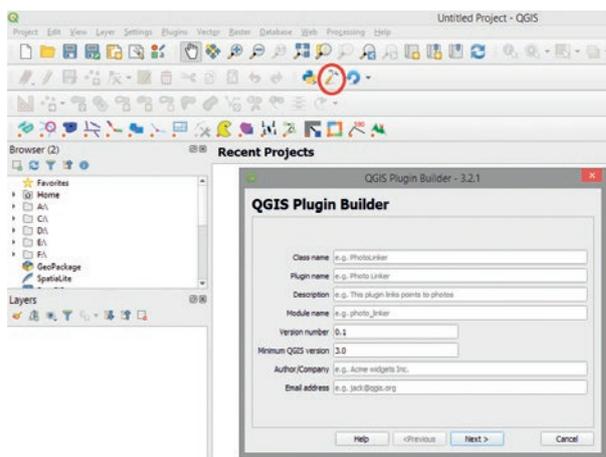


Figura 5 - Construção do plugin

```

PYTHON_PLUGINS_PATH/
MyPlugin/
  __init__.py    --> *required*
  mainPlugin.py --> *core code*
  metadata.txt  --> *required*
  resources.qrc --> *likely useful*
  resources.py  --> *compiled version,
likely useful*
  form.ui       --> *likely useful*
  form.py       --> *compiled version,
likely useful*
    
```

Como se pode constatar, existem alguns ficheiros obrigatórios e outros desejáveis. Para que o *plugin* seja completamente funcional, será necessário escrever alguns metadados no ficheiro *metadata.txt* e o código que se deseja executar no ficheiro *mainPlugin.py* (poderá ser renomeado para outro nome).

```
# This file contains metadata for your plugin.
# This file should be included when you package your plugin.# Mandatory items:

[general]
name=CIGeoE Show Z Value
qgisMinimumVersion=3.0
description=Show the Z value of all features in viewport
version=0.1
author=Centro de Informação Geoespacial do Exército
email=igeoe@igeoe.pt

about=Show the Z value of all features in viewport

tracker=https://www.igeoe.pt
repository=https://www.igeoe.pt
# End of mandatory metadata

# Recommended items:

hasProcessingProvider=no
# Uncomment the following line and add your changelog:
# changelog=

# Tags are comma separated with spaces allowed
tags=atribute,vector,layer
```

Código implementado:

```
# -*- coding: utf-8 -*-

from PyQt5.QtCore import QSettings, QTranslator, QCoreApplication
from PyQt5.QtGui import QIcon, QColor, QTextDocument, QAbstractTextDocumentLayout
from PyQt5.QtWidgets import QAction, QMessageBox
from qgis.gui import *
from qgis.core import *
from decimal import *

# Initialize Qt resources from file resources.py
from .resources import *
# Import the code for the dialog
from .Show_Z_Value_dialog import ShowZValueDialog
import os.path

class ShowZValue:
    """QGIS Plugin Implementation."""

    def __init__(self, iface):
        . . .
        #*****
        # INITIALIZING Show_Z_Value
        #setup signal
        self.iface.mapCanvas().renderComplete.connect(self.renderLabel)
        self.totPoints=[]
        self.selectedFeats=[]
        self.pluginIsActive = False
        #*****

        # noinspection PyMethodMayBeStatic
        def tr(self, message):
            . . .

        def add_action( self, icon_path, text, callback, enabled_flag=True, add_to_menu=True,
            add_to_toolbar=True, status_tip=None, whats_this=None, parent=None):
            . . .
```

```

def initGui(self):
    icon_path = ':/plugins/Show_Z_Value/icon.png'
    self.add_action(
        icon_path,
        text=self.tr(u'ShowZValue:Show the Z value of all features in viewport'),
        callback=self.run,
        parent=self.iface.mainWindow())
    # will be set False in run()
    self.first_start = True

def unload(self):
    . . .

def onClosePlugin(self):
    . . .

def run(self):
    . . .

def renderLabel(self, painter):
    . . .

```

Após a edição do *plugin*, é necessário compilar o ficheiro *resources.qrc* que foi criado pelo *Plugin Builder* e executar os comandos abaixo:

```

# Abrir "OSGeo4W Shell e aceder á pasta do "plugin":

cd ~/ (UserProfile)\default\Python\plugins\
show_z_value
call qt5_env.bat
call py3_env.bat
pyrcc5 -o resources.py resources.qrc

```

Todos os *plugins* ficam disponíveis num gestor de *plugins* **Plugins > Manage and Install**, Figura 6.

Por fim, ainda existe a possibilidade de o utilizador desenvolver *scripts* para automatizar processos ou desenvolver aplicações interativas sem utilizar a aplicação gráfica do QGIS. Para tal, apenas é necessário localizar os recursos do QGIS e definir os mesmos no código.

Fica um exemplo da construção de um *script*:

```

from qgis.core import *

# Supply path to qgis install location
QgsApplication.setPrefixPath("/path/to/qgis/
installation", True)

# Create a reference to the QgsApplication.
Setting the
# second argument to False disables the GUI.
qgs = QgsApplication([], False)

```



Figura 6 - Visualizador dos *plugins* disponíveis.

```
# Load providers
qgs.initQgis()

# Write your code here to load some layers,
use processing
# algorithms, etc.

# Finally, exitQgis() is called to remove
the
# provider and layer registries from memory
qgs.exitQgis()
```

Fica um exemplo da construção de uma aplicação:

```
from qgis.core import *

# Supply the path to the qgis install
location
QgsApplication.setPrefixPath("/path/to/qgis/
installation", True)

# Create a reference to the QgsApplication.
# Setting the second argument to True ena-
bles the GUI. We need
# this since this is a custom application.

qgs = QgsApplication([], True)

# load providers
qgs.initQgis()

# Write your code here to load some layers,
use processing
# algorithms, etc.

# Finally, exitQgis() is called to remove
the
# provider and layer registries from memory
qgs.exitQgis()
```

Informação complementar:

- Documentação: https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/index.html.

Conclusões

Pretendeu-se neste artigo contextualizar a importância das linguagens de programação, em especial da linguagem de programação *Python*, dos seus mecanismos e ferramentas, no desenvolvimento de aplicações SIG. A facilidade da aprendizagem da linguagem, associada à excelente documentação, às imensas bibliotecas disponíveis para utilização, permite de forma isolada ou integrada com aplicações já conhecidas, automatizar processos de produção ou desenvolver aplicações *standalone*. Neste contexto, programadores e utilizadores finais tem à sua disposição ferramentas de livre acesso para o desenvolvimento de *skills* no contexto do tratamento, processamento e visualização da informação geográfica.

Bibliografia

- ESRI . (s.d.). *ArcGIS API for Python*. Obtido de ArcGIS API for Python: <https://developers.ArcGIS.com/Python/>
- Fincher, J. (13 de julho de 2020). *Python IDEs and Code Editors (Guide)*. Obtido de Real Python: <https://real-python.com/Python-ides-code-editors-guide/>
- Fiona Documentation*. (s.d.). Obtido de Fiona Documentation: <https://fiona.readthedocs.io/en/latest/>
- GeoPandas*. (s.d.). Obtido de GeoPandas: <https://geopandas.org/index.html>
- Lawhead, J. (2019). *Learning Geospatial Analysis with Python - Third Edition*. PacktPub.
- PennState College of Earth and Mineral Sciences. (13 de Julho de 2020). *Overview of Programming Languages for GIS*. Obtido de Geospatial System Analysis and Design: <https://www.e-education.psu.edu/geog583/node/67>
- pyproj Documentation*. (s.d.). Obtido de pyproj Documentation: <http://pyproj4.github.io/pyproj/stable/>
- PyQGIS Developer Cookbook*. (s.d.). Obtido de PyQGIS Developer Cookbook: https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/index.html#
- PyShp*. (s.d.). Obtido de PyShp: <https://github.com/GeospatialPython/pyshp>
- Python Packaging Authority*. (13 de julho de 2020). Obtido de Installing packages using pip and virtual environments¶: <https://packaging.python.org/guides/installing-using-pip-and-virtual-environments/>
- Rasterio: access to geospatial raster data*. (s.d.). Obtido de Rasterio: access to geospatial raster data: <https://rasterio.readthedocs.io/en/latest/>
- Real Python. (13 de julho de 2020). *Python Virtual Environments: A Primer*. Obtido de Real Python: <https://real-python.com/Python-virtual-environments-a-primer/>
- Rtree: Spatial indexing for Python*. (s.d.). Obtido de Rtree: Spatial indexing for Python: <https://rtree.readthedocs.io/en/latest/index.html>
- Shapely*. (s.d.). Obtido de Shapely: <https://shapely.readthedocs.io/en/latest/>
- Tenkanen, H. (17 de janeiro de 2018). *Introduction to Python GIS*. Obtido em 13 de julho de 2020, de Python GIS -course 2018: <https://automating-gis-processes.github.io/CSC18/lessons/L1/Intro-Python-GIS.html>



A realização deste artigo tem como objetivo dar a conhecer o trabalho desenvolvido, nos últimos cinco anos, pelo Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), desde que mudou de designação em julho de 2015. Adaptando-se às novas exigências e desafios, como órgão produtor de cartografia, tem conseguido afirmar-se como uma referência nacional e internacional na produção e fornecimento de informação geoespacial.

Centro de Geoespacial

Eduardo Vilarinho

Major Técnico de Pessoal e Secretariado

Centro de Informação Geoespacial do Exército
evilarinho@igeoe.pt

Introdução

O Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), por Decreto-Regulamentar n.º 11/2015, de 31JUL15, publicado no Diário da República n.º 148, I série, de 31 de julho de 2015, e transcrito para a Ordem do Exército n.º 7, I série, de 31 de julho de 2015 (pg. 358) sucedeu ao Instituto Geográfico do Exército (IGeoE). Esta mudança de designação, à semelhança do que aconteceu com outras Unidades, Estabelecimentos e Órgãos (U/E/O) do Exército, é fruto de uma reestruturação já prevista no Decreto-Lei n.º 186/2014, de 29DEZ14, e que procede à reorganização da estrutura orgânica do Exército, como consequência da reforma dos diplomas estruturantes da Defesa Nacional e das Forças Armadas e para o adequar aos objetivos e orientações definidas.

O CIGeoE manteve-se assim o herdeiro natural do espólio e das tradições cartográficas militares portuguesas e passou a ter por missão:

“Prover com informação geoespacial o Exército e outras entidades, bem como desenvolver ações de investigação científica e tecnológica”.

Cinco anos como

e Informação cial do Exército



Em 2017, foi atualizado o seu Quadro Orgânico de Pessoal, refletindo uma estrutura adaptada às necessidades tecnológicas e enquadrada na atual conjuntura sócio económica. Desta forma, permitiu dar uma maior flexibilidade e eficiência aos serviços, adaptando-os aos novos desenvolvimentos científicos, tecnológicos e produtivos na área da informação geoespacial.

Produção de Informação Geoespacial

O CIGeoE tem levado a cabo novos e grandes desafios, atendendo que no seu processo de produção de informação geoespacial engloba um conjunto de etapas complexas e rigorosas, que permitem a realização de uma vasta gama de produtos, sendo a sua qualidade reconhecida por todos os seus utilizadores.

Como produtor de cartografia nacional e internacional, tem-se empenhado na modernização tecnológica assim como na formação dos seus quadros, garantindo estar ao nível dos melhores do mundo na produção cartográfica.

No início do processo de aquisição de informação geográfica, o CIGeoE tem por objetivo a produção da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000, efetuando a sua restituição estereoscópica (a 3D) a partir de

fotografias aéreas, sendo posteriormente completada e validada no terreno pelas equipas topográficas do CIGeoE. Este processo tem vindo a sofrer adaptações face à evolução das tecnologias e aos exigentes requisitos de qualidade posicional e grau de atualização. A partir do momento em que se passou a adquirir informação com base em tecnologia de Sistema de Informação Geográfica (SIG) diretamente para Bases de Dados Geográficas (BDG), surgiu também a possibilidade de se incrementar a validação tridimensional até então efetuada, garantindo algumas regras topológicas em tempo real aquando da aquisição do objeto, algo que anteriormente, no caso da informação adquirida com recurso à tecnologia *Computer Aided Design* (CAD), mais concretamente através da utilização de *software Microstation* (os famosos ficheiros *dgn*), na sua fase de aquisição esta validação não existia, sendo efetuada numa fase posterior da cadeia de produção.

Este facto veio possibilitar que a BDG do CIGeoE, seja alimentada, logo a partir da aquisição, com informação validada em três dimensões, significando um enorme acréscimo de valor, além de possibilitar a sua utilização direta em futuros trabalhos de atualização.

A Topografia tem desenvolvido um papel essencial na produção cartográfica quer através do

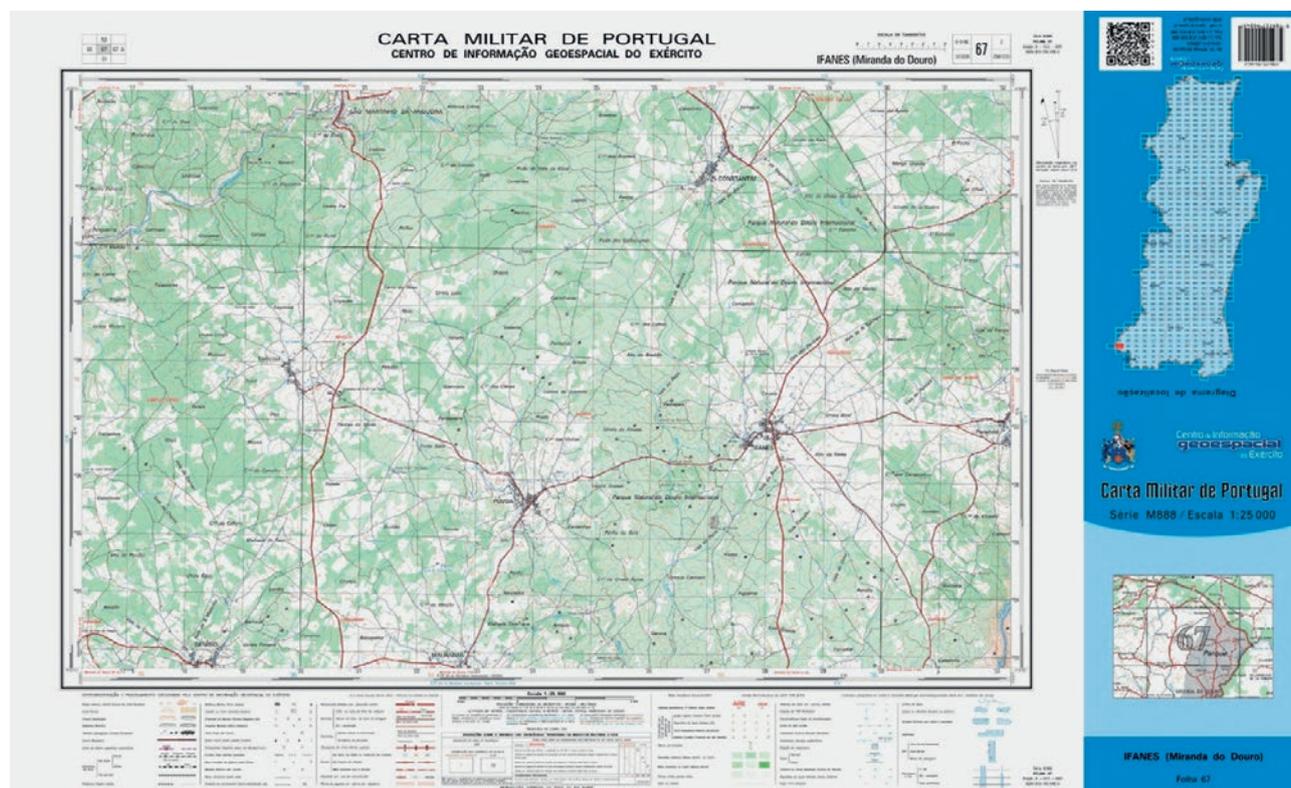


Figura 1 - Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000

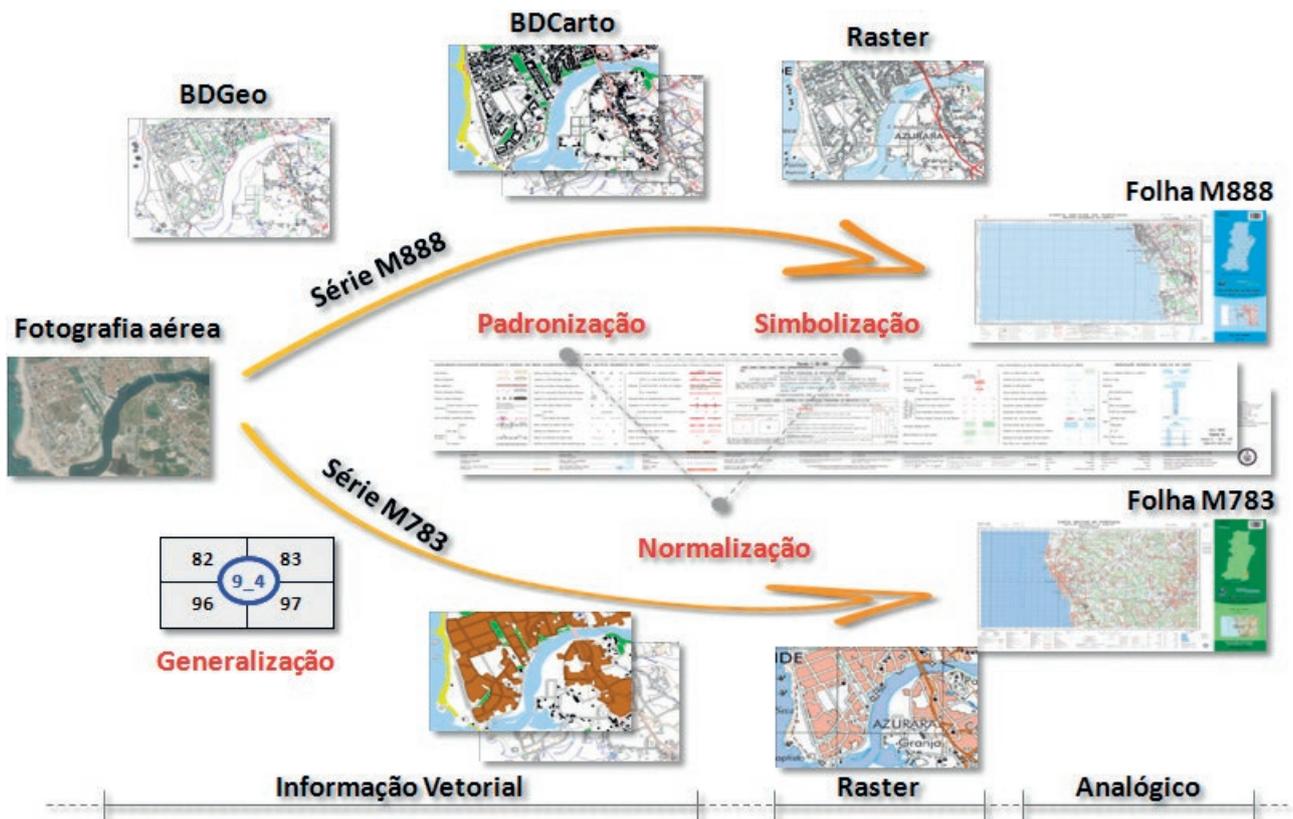


Figura 2 - As fases da produção das Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000 e 1:50 000

levantamento dos pontos fotogramétricos recorrendo a utilização de equipamentos GNSS (*Global Navigation Satellite System*) apoiados na rede SERVIR (Sistema de Estações de Referência GNSS Virtuais), quer na importante e diferenciadora tarefa de completagem, que permite não só a verificação no terreno dos pormenores restituídos pela Secção de Fotogrametria, mas também o adquirir de outros que não existissem nas fotografias aéreas ou só passíveis de serem adquiridos no terreno, (ex: toponímia), o que permite acrescentar, modificar ou eliminar informação conforme a realidade constatada no local. Além destas funções a Secção de Topografia tem desenvolvido para a comunidade civil e militar, outros tipos de trabalhos, dos quais se destacam mais recentemente o levantamento dos aeroportos nas várias ilhas do arquipélago dos Açores e dos prédios militares e servidões militares à responsabilidade do Exército.

Para apoiar os topógrafos nos seus trabalhos de campo, quer estes sejam militares ou civis, o CIGeoE dispõe da rede SERVIR, que assenta em 27 estações instaladas principalmente em unidades militares pertencentes ao Exército, Marinha ou Força Aérea, garantindo desta forma a segurança dos equipamentos e a rapidez das comunicações. As exceções são as estações da Covilhã e Trás-os-



Figura 3 - Localização das estações da Rede SERVIR

-Montes e Alto Douro, que se encontram localizadas na Universidade da Beira Interior e no Instituto Politécnico de Bragança, respetivamente. A rede SERVIR, permite que um utilizador estabeleça uma ligação com o centro de cálculo localizado no CIGeoE (via WEB, GSM ou GPRS) e após o processamento das observações GNSS, são disponibilizadas correções diferenciais aplicáveis à área onde se encontra o utilizador a trabalhar, sendo transmitidas através do método denominado *Virtual Reference Station* (VRS) em tempo quase real.

O CIGeoE, como entidade produtora de informação geoespacial e com responsabilidade na manutenção da qualidade dos dados que são disponibilizados para a comunidade, de modo a garantir um maior rigor e fiabilidade dos dados, implementou em 2015 um novo programa de cálculo associado à rede SERVIR, denominado PIVOT, que substituiu o *GPSNET*. Desta forma garantiu um melhor serviço aos seus utilizadores e como resultado desta alteração verificou-se um aumento gradual do número de profissionais que utilizam a rede SERVIR.

Imediatamente antes e depois da completagem efetuada pelas equipas topográficas, vêm os processos da pré-validação e validação da informação geográfica adquirida até então. Estes processos ao longo dos últimos cinco anos, têm vindo a sofrer importantes atualizações através da introdução de mecanismos semiautomáticos que permitem auxiliar o operador no processo de pré-validação e validação, proporcionando uma redução significativa do número de erros apresentados, traduzindo-se num maior rigor e qualidade da informação geográfica vetorial produzida e garantindo a coerência semântica e morfológica da BDG do CIGeoE.

Embora atualmente, a aquisição da informação seja realizada em tecnologia SIG, o mesmo ainda não está aplicado em pleno a toda a cadeia de produção, nomeadamente no processo de edição, que tem a responsabilidade da elaboração de um dos produtos derivados da base de dados geográfica, a Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000, de forma a que esta seja impressa garantindo uma qualidade, simplicidade e facilidade de leitura e interpretação por parte dos seus utilizadores. Para que tal se verifique está a decorrer um projeto de investigação, no âmbito do CINAMIL, denominado por “Simbolização da Informação Geográfica a 3D” (SIGEO3D) e com a duração de três anos.

A qualidade dos serviços e produtos disponibilizados pelo CIGeoE tem sido uma preocupação permanente e como tal requer um constante e rigo-

roso controlo de qualidade através do sistema de Controlo de Qualidade (CQ) implementado, que tem como referência as políticas e estratégias definidas e os procedimentos e as técnicas necessárias no controlo e melhoria dos produtos.

Na cadeia de produção do CIGeoE o CQ é realizado em diversas fases: na restituição da informação, no controlo posicional dos objetos adquiridos, na validação digital dos objetos, no controlo da edição efetuada e posteriormente da cartografia impressa. A introdução no CQ de novas tecnologias e aplicações desenvolvidas, contribuiu para uma diminuição da interação do operador/revisor, minimizando custos de produção, tempo de execução das tarefas e aumentando simultaneamente a qualidade dos dados geoespaciais produzidos.

No caso da pandemia de COVID-19, foi solicitado ao CIGeoE a elaboração de vários produtos específicos para apoio à decisão e informativos, quer por entidades militares quer civis, os quais tinham em comum o facto de terem por base a informação geográfica produzida no Centro e cuja qualidade e rigor é reconhecida por todos. São exemplo de alguns desses produtos; um mapa com a localização de 99 hospitais a pedido da Administração Central de Sistemas de Saúde (ACSS) ou outro com a localização de 508 escolas do ensino secundário, para o Comando das Forças Terrestres, para apoio ao planeamento das ações de desinfeção a executar.

Principais projetos desenvolvidos ou em elaboração no CIGeoE nos últimos cinco anos

Ao longo dos últimos anos, muitos são os projetos nacionais e internacionais, em que o CIGeoE se encontra envolvido, dos que se iniciaram nos últimos cinco anos destacam-se:

TANDEM-X HIGH RESOLUTION ELEVATION DATA EXCHANGE PROGRAM (TREX)

Este projeto surgiu em 2016, visando criar um Modelo Digital de Superfície (MDS) Global, tendo o CIGeoE sido o 7^o país a aderir a este projeto. Com apenas 2 semanas de formação e após a finalização de 4 células, Portugal foi a 2.^a nação a obter a certificação para a produção de informação para o projeto. Mais tarde, com a conclusão em 2019 de 20 créditos, Portugal certificou-se como nação apta a realizar o controlo de qualidade dos dados de outras nações. A contribuição nacional aquando do término deste projeto será a produção de 303 célu-

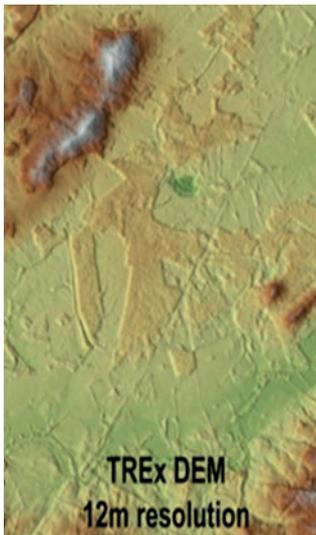


Figura 4 - Modelo Digital do Terreno - resolução planimétrica - 12 mts

toriais aplicáveis à tecnologia dos UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*), numa perspetiva de utilização dual, isto é, militar e civil. TROANTE é a designação simplificada de “Desenvolvimento de Tecnologia UAV para Utilização de Âmbito Conjunto e Dual” que envolveu várias entidades das Forças Armadas (FFAA), da Base Tecnológica Industrial de Defesa (BTID), do Sistema Científico e Tecnológico Nacional (SCTN), entre outras.

Esta parceria visa testar e operacionalizar a utilização de um sistema de UAV de pequena/média dimensão e em colaboração com as FFAA, levarem a cabo iniciativas concretas que permitam dar passos consistentes com vista à certificação de Sistemas UAV a nível nacional, assim como desenvolver tecnologia e *know-how* de operação com vista a sua aplicação nos

domínios da geografia, cartografia, hidrografia, oceanografia e ambiente marinho.

Em Portugal, os potenciais operadores e/ou beneficiários são, principalmente, os três ramos das FFAA, as Forças e Serviços de Segurança (FFSS) e uma série de outras entidades públicas e privadas, destacando-se as que estão relaciona-

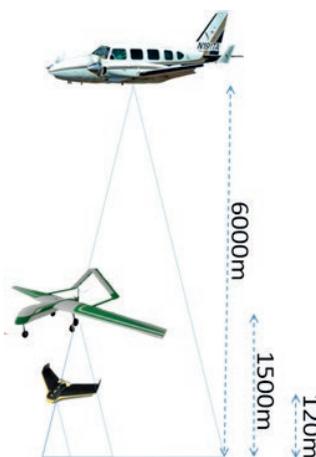


Figura 5 - Altitude de funcionamento do UAV

das com funções de autoridade, pesquisa científica, topografia e fotografia. No que diz respeito ao CIGeoE, salienta-se a produção cartográfica com imagens obtidas a partir de sensores colocados na plataforma em desenvolvimento.

SIGPEX (SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DO PATRIMÓNIO DO EXÉRCITO)

Tendo como objetivo, construir um SIG que possibilite ao Comando do Exército, gerir e supervisionar o património à sua responsabilidade, surgiu em 2017 o SIGPEX. A aquisição desta informação visa possibilitar uma visão única da localização, dos limites, das características e outras informações relativas aos prédios militares rústicos e urbanos, integrando as coordenadas obtidas a partir da melhor fonte de informação disponível, a rede SERVIR, com toda a informação considerada relevante para o processo de gestão e supervisão. Desde a sua implementação, já foi efetuado o levantamento de cerca de metade dos prédios militares (183).



Figura 6 - Imagem da plataforma do SIGPEX

Aplicações desenvolvidas no CIGeoE

Através do seu Departamento de Conceção e Desenvolvimento (DCD) da Repartição de Desenvolvimento e Gestão da Informação (RDGI), O CIGeoE desenvolveu diversas aplicações (Apps) das quais se destacam: a App Mapas Militares (MapMil), a App Cartas Militares (CartMil) e o Sistema de Informação Geográfica de Apoio às Operações (SIGOp).

MAPAS MILITARES

O CIGeoE, no ano de 2015, para potenciar a utilização da cartografia no Exército, desenvolveu em

parceria com Instituto Politécnico de Viana do Castelo (IPVC), um projeto/aplicação que permite a disponibilização da cartografia militar em dispositivos móveis com sistema operativo Android, denominada de “Mapas Militares” (MapMil). Como o objetivo inicial era potenciar a utilização da Carta Militar no Exército, esta foi sendo ajustada tendo em conta algumas propostas dos potenciais utilizadores, designadamente do Regimento de Apoio Militar de Emergência (RAME), culminando com a sua apresentação pública a 23 de junho de 2017, em Viana do Castelo, nas instalações do IPVC.



Figura 7 - App Mapas Militares

Tendo sido um dos requisitos base para esta aplicação a possibilidade de visualização da cartografia militar em modo offline, implicou que a segurança de toda a informação fosse garantida com recurso à sua encriptação nos dispositivos. Para que a mesma fosse de fácil utilização e navegação no terreno, foram construídas algumas ferramentas de apoio. Esta aplicação também permite a geolocalização de cada dispositivo com a MapMil instalada, e sua visualização de forma centralizada, por exemplo, num posto de comando e através do SIGOP.

CARTAS MILITARES

A aplicação Cartas Militares, com o seu lançamento em 2017, foi desenvolvida através de uma parceria entre o Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE) e a InfoPortugal S.A., e consiste na disponibilização de uma aplicação (App) para dispositivos móveis, com sistema operativo Android ou IOS, com a cartografia nas diferentes escalas (1:500 000, 1:250 000, 1:50 000 e 1:25 000) produ-



Figura 8 - App Cartas Militares

zidas no CIGeoE, que cobrem Portugal Continental e as Regiões Autónomas, e que fosse simples e intuitiva, possibilitando uma navegação *off road* com o rigor, pormenor e detalhe que caracteriza a Cartografia Militar.

A “App Cartas Militares”, encontra-se disponível nas lojas IOS e *Google Play*, onde qualquer utilizador passa a ter disponível na palma da mão, uma representação coerente e contínua de todo o território nacional, permitindo a navegação com base nos elementos do terreno: relevo, hidrografia, vegetação, rede viária (principal, secundária e caminhos), construções e referências (naturais e artificiais), por azimute e distância ou com base num percurso, para qualquer ponto do terreno identificado pelo topónimo ou pelas suas coordenadas.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DE APOIO ÀS OPERAÇÕES (SIGOP)

O SIGOP, com início em 2017, substituiu o Sistema de Informação Geográfica de Apoio às Operações Militares (SIGOPMil), uma vez que se tornou necessário a atualização da tecnologia que estava na base do seu desenvolvimento. Aproveitando os contributos transmitidos pelos inúmeros utiliza-



Figura 9 - Plataforma SIGOP

dores, a experiência adquirida pelos elementos da Unidade de Apoio Geoespacial (UnApGeo), conjuntamente com algumas das necessidades específicas por parte do Regimento de Apoio Militar de Emergência (RAME) e de forma mais relevante, das Brigadas que constituem o Comando das Forças Terrestres, procedeu-se à reformulação de todas as suas valências, permitindo a disponibilização de informação e apoio geoespacial no planeamento, condução e monitorização de exercícios e operações, dentro e fora do Território Nacional, assim como a sua integração com a App Mapas Militares.

O SIGOp permite a ligação a serviços disponibilizados por outras entidades e/ou *open source* como é exemplo a informação disponibilizada pela Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC) sobre as ocorrências em curso, ou pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) com a previsão meteorológica.

Componente Operacional

O CIGeoE, tem sobre a sua responsabilidade a Unidade de Apoio Geoespacial (UnApGeo), a sua componente operacional, que faz parte das Forças de Apoio Geral e cujo Quadro Orgânico (QO) - Q.O. n.º 09.07.17 - foi aprovado através de Despacho de S. Ex.^a o GEN CEME, de 13MAI15. A UnApGeo tem como missão atribuída:

“Preparar-se para executar operações em todo o espectro das operações militares, no âmbito nacional ou internacional, de acordo com a sua natureza”.



Figura 10 - Distintivo da UnApGeo

Esta Unidade tem capacidade de, apoiar com informação geoespacial o Exército e as Forças Armadas no Processo de Decisão Militar (PDM) e acompanhar as forças em todo o espectro das operações militares no âmbito do emprego Nacional ou Internacional ou no Apoio Militar de Emergência, produzir modelos digitais do terreno, adquirir e validar dados geoespaciais, georreferenciar dados, ortorretificar imagens, etc.

É através da UnApGeo, que o CIGeoE apoia as operações militares e participa em exercícios nacionais ou internacionais de que são exemplo a participação nos exercícios das séries APOLO, ARGOS, CELULEX, DRAGÃO, HAKEA, LUSITANO, ORION e ARRCADÉ GLOBE.

Outras Atividades

O CIGeoE, como Unidade de excelência, tem sido uma referência no fornecimento de informação geoespacial e como tal, muitas são as visitas realizadas por alunos e professores de universidades, nacionais e estrangeiras, à cadeia de produção e ao museu da cartografia. Também através das relações bilaterais que mantém com instituições congêneres de outros países, de que são exemplo a Espanha, Brasil, Alemanha, Reino Unido, Bulgária, Polónia, França, República Checa, Hungria, Roménia, Tunísia, Itália, Rússia, Estados Unidos ou Marrocos, muitas são as delegações desses países que se deslocam ao CIGeoE para reuniões de trabalhos e visitas técnicas.

O Centro tem apostado na formação dos seus quadros em Portugal e no estrangeiro, além de participar em exposições, congressos e reuniões no âmbito da cooperação internacional. Também são privilegiadas as relações com os Países de Língua Oficial Portuguesa (PALOP) e com a Organização do Tratado do Atlântico Norte (NATO).

Existe também uma colaboração entre o CIGeoE e o Pavilhão do Conhecimento – Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, decorrendo todos os anos várias ações no âmbito do Programa Ciência Viva no Verão, constituídas quer por visitas à cadeia de produção e ao Museu da Cartografia, como observações astronómicas a partir do Observatório Astronómico do CIGeoE.

Conclusões

Ao longo dos últimos cinco anos, o CIGeoE tem vindo a dar mais ênfase ao apoio geoespacial às operações militares e de apoio militar de emergência e de apoio à proteção e bem-estar das populações, quer a nível nacional como internacional, refletindo-se no empenhamento de mais meios humanos e materiais nos Teatros de Operações, nos exercícios e no apoio à comunidade civil, com a produção e disponibilização de produtos geoespaciais.

Com um quadro técnico altamente especializado nas mais diversas áreas, alicerçado nas novas tecnologias, tem adquirido a capacidade para dar resposta no apoio às Forças Armadas e à comunidade civil, como ficou demonstrado com as prontas respostas às inúmeras solicitações durante o Estado de Emergência em consequência da Pandemia de COVID-19.

Os tempos mudaram, e o Centro de Informação Geoespacial do Exército acompanhou essa mudança, adaptando-se às novas exigências e aos novos desafios que diariamente lhe são colocados.



Faz agora 10 anos que o projeto SIG3D teve início, o qual alterou de forma profunda os métodos de aquisição de informação no CIGeoE, constituindo-se como o ponto de partida para a implementação de Sistemas de Informação Geográfica na totalidade da sua cadeia de produção. Este artigo pretende descrever sumariamente a forma como decorreu esse projeto, mas também o estado onde ele nos deixou, assim como as possibilidades que são levantadas por este novo formato, a par da disponibilidade de novas ferramentas e métodos que poderão ser considerados para simplificação do processo de produção cartográfica no CIGeoE.

Enquadramento histórico sobre o SIG 3D

Faz agora 10 anos que iniciou o projeto SIG3D, o qual visou a transformação do processo de aquisição de informação vetorial do CIGeoE, de um onde era utilizada informação e ferramentas em formato *Computer Aided Design* (CAD) para métodos dependentes de ferramentas em formato de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Tal era a complexidade e o nível de afinação do processo a que se tinha chegado, que a possibilidade de alteração drástica na forma de trabalhar representou um gigantesco desafio, sem deixar de estar acompanhado dos devidos receios e desconfianças.

Cedo se verificou que a mudança era uma necessidade premente, que apesar das dificuldades iniciais apenas traria benefícios à cadeia de produção. Simplificação do trabalho do operador de fotogrametria e maior robustez da informação, foram algumas das vantagens dessa adaptação, o que aliado à facilidade no seu manuseamento através de Sistemas de Informação Geográfica representou um avanço tecnológico marcante no que diz respeito à cartografia militar portuguesa.

O processo, não deixou no entanto de apresentar algumas dificuldades, tal como a pouca maturidade dos *softwares* utilizados para restituição estereoscópica em ambiente SIG, ou o necessário processo de adaptação dos operadores que estavam acostumados às antigas ferramentas CAD, assim como a necessidade de adaptação e desenvolvimento das mais diversas ferramentas que conjugadas de forma sequencial constituem a cadeia de aquisição de informação vetorial em três dimensões.

O desenho da base de dados a utilizar foi um dos primeiros desafios. Como enquadrar todos os



SIG 3D,

passados 10 anos

e agora?



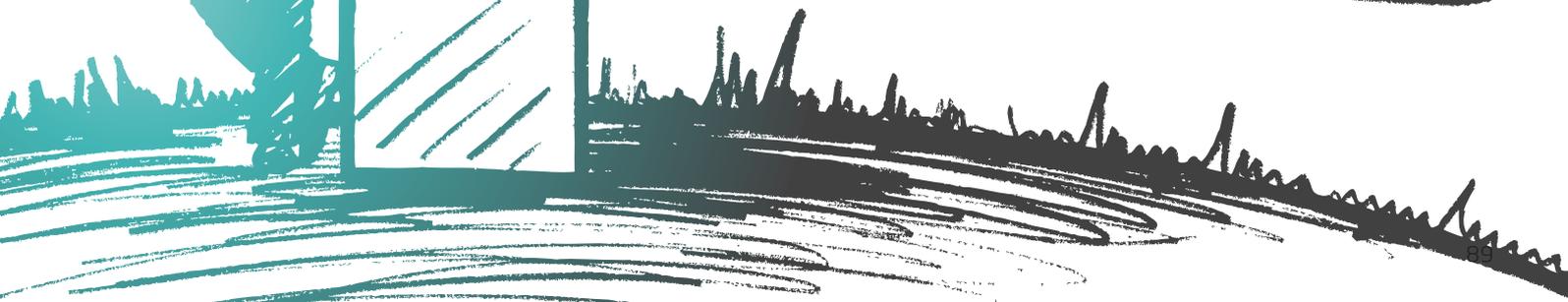
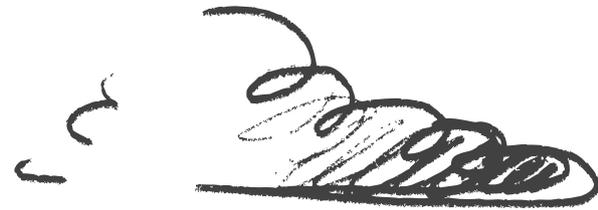
António Sousa Franco

Tenente-Coronel de Artilharia

Engenheiro Geógrafo

Centro de Informação Geoespacial do Exército

afranco@igeoe.pt



objetos do muito extenso catálogo da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000 numa única base de dados geográfica? Foram realizados diversos estudos, chegando a soluções com diferentes níveis de complexidade, para depois, ao por em prática com testes de produção massivos, se chegar à conclusão de que o formato mais simples seria o ideal.

Seguiu-se a implementação do projeto na Secção de Fotogrametria, começando pelo teste com apenas um operador numa das folhas mais complexas do cartograma da escala 1:25 000, a folha 122 do Porto. Com os bons resultados obtidos, inicia-se a adaptação dos restantes operadores de forma gradual, sendo adquiridas ao longo dos seguintes anos diversas licenças de *software*, consoante as disponibilidades financeiras, tendo sido apenas no ano de 2015, que os trabalhos de restituição passaram a ser feitos exclusivamente em formato SIG, ficando o CAD definitivamente afastado do processo de restituição fotogramétrica.

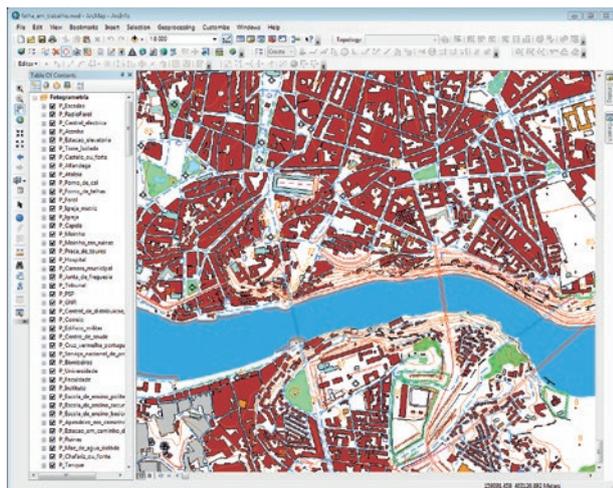


Figura 1- Informação vetorial adquirida diretamente para BDG

Terminada a primeira fase da implementação do SIG a três dimensões na cadeia de produção do CIGeoE, seguiu-se uma fase de consolidação dos métodos utilizados, onde se adaptou a maioria dos processos de transformação e de verificação da informação vetorial anteriormente existentes em CAD. Ao mesmo tempo, foi estudado a fundo o potencial do novo *software* de forma a tirar o máximo partido das suas ferramentas, tentando ao mesmo tempo contornar as suas limitações pela pouca maturidade que apresentava, e sempre que possível apoiar com o reporte de *bugs* encontrados ou com propostas de novas capacidades.

Tendo terminado o projeto SIG3D, onde se pode com confiança dizer que a implementação na secção de fotogrametria foi total e com um elevado grau de sucesso, pôde-se dar lugar a outros projetos de implementação de SIG na restante cadeia de produção do CIGeoE, tendo este sido apenas o primeiro passo numa mudança que ainda hoje se encontra em implementação.

Cadeia de produção na atualidade

A aquisição de informação para a Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000 do CIGeoE é baseada em processos de estereorrestituição fotogramétrica, sendo utilizados modelos estereoscópicos para visualizar e vetorizar em 3D os objetos que fazem parte do seu catálogo.

Uma vez feita a triangulação aérea da cobertura fotográfica, sempre com a utilização do devido apoio fotogramétrico (pontos cujas coordenadas são levantadas rigorosamente no campo de forma a garantir a qualidade posicional necessária), são fornecidos os respetivos projetos aos operadores, os quais tendo por base as normas de aquisição, classificam e vetorizam a informação respeitante à área que estão a trabalhar. Como resultado final, podemos contar como uma Base de Dados Geográfica (BDG), onde toda a informação que é considerada pertinente para a cartografia militar, se encontre registada em três dimensões e classificada de forma normalizada para todo o território nacional, conforme as referidas normas.

Durante o processo de restituição, ao operador de fotogrametria é exigida uma enorme capacidade de interpretação do modelo estereoscópico obtido a partir de duas fotografias aéreas, a par de uma desme-

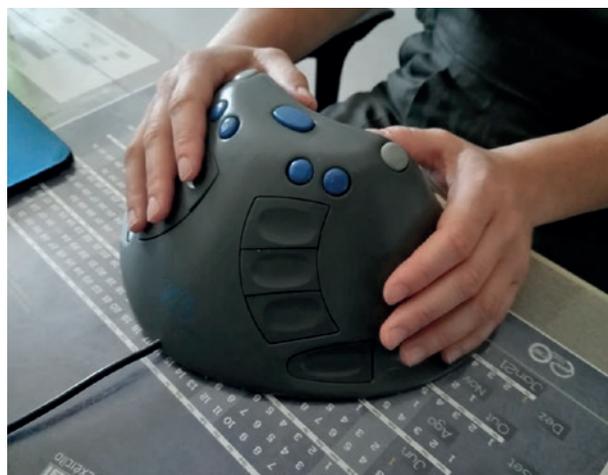


Figura 2 - Rato de restituição em 3D

dida aptidão para manuseamento do rato de restituição em 3D, Figura 2, para garantir que cada objeto é registado dentro dos parâmetros de qualidade geométrica impostos nas três dimensões: X, Y e Z (Cota). Tal capacidade é atingida pelo operador após um longo período de formação e de experiência (por norma nunca menos de um ano), quando cada movimento dos cinco dedos de cada mão passa a ser efetuado de forma intuitiva, sem ter de se pensar qual dos 18 botões do rato pretende utilizar.

A aquisição de informação em 3D, exige que no momento preciso do registo, seja o objeto a restituir pontual, ou linear ou área, a marca flutuante da estação fotogramétrica esteja no ponto exato (definido pelas normas de aquisição) do objeto que se pretende representar, o que mesmo para os mais experientes implica uma breve hesitação, e que por impercetível que seja, ao fim de milhares de cliques pode representar muito tempo.

Necessidades para o futuro

A informação em 3D atrás referida, onde a cada vértice de uma área, linha ou ponto ficam associadas as três dimensões, (as suas coordenadas X, Y e Z) não sendo esse fator suficiente para que se obtenham os volumes necessários às três dimensões, havendo quem designe esta informação como estando a 2.5D. No entanto, havendo a informação relativa ao Modelo Digital do Terreno (MDT), será possível extrapolar cada uma dessas áreas a partir dessa superfície e criar os tais volumes.

De todas estas questões até agora referidas, entre o enorme leque de vantagens da aquisição de informação em 3D para BDG e o enorme potencial que esta informação pode representar, deve sempre ser tido em consideração uma questão incontornável; qual o custo de tudo isto? E quando falamos em custo não nos devemos restringir a fatores financeiros, mas devemos questionar outro fator considerado essencial quando se trata de informação geoespacial, ou seja o tempo.

Apesar do tempo se traduzir sempre obviamente em dinheiro, num mundo onde é essencial ter informação atualizada, é fundamental garantir um nível elevado de atualização da informação geoespacial, correndo o risco de deixar de ter valor. Seja para operações militares seja para cartografia administrativa ou para qualquer outro uso, com a tecnologia existente nos dias de hoje, o tempo mostra-se um facto essencial.

Simultaneamente com o enorme esforço para

manter atualizada a cartografia militar nacional tal como é atualmente, deve-se fazer uma análise sobre a sua exequibilidade. Ao analisar a necessidade de evolução deste produto, tudo pode ser posto em causa, desde os métodos de aquisição, às suas características finais, o importante é garantir que os meios despendidos para a sua execução se adequam não ao valor potencial que poderá ter mas sim ao valor real que realmente lhe é dado.

Como normalmente se diz, “em equipa que ganha não se mexe”, no caso da nossa cartografia, tal é o grau de afinação do processo e do produto final, que dificilmente se verifica essa necessidade, no entanto, devido ao ritmo avassalador do desenvolvimento tecnológico nos últimos anos, é de elevada importância fazer essa reflexão. Daí a necessidade de explorar novas capacidades, adaptando metodologias, tirando partido de novas tecnologias ou simplificando processos, mas em qualquer um desses casos, a mudança deve ser baseada em estudos profundos, para garantir que se houver alterações, estas serão para melhor, pelo menos segundo os critérios que forem analisados.

Estudos que estão a decorrer

Nesta linha de reflexão, foram efetuados nos últimos tempos diversos estudos técnicos, uns no âmbito de estágios académicos, outros como simples experiências, com o objetivo de confrontar os atuais métodos de aquisição de informação com outros que eventualmente possam manter o formato e qualidade da informação e ao mesmo tempo simplificar o processo de aquisição.

São de destacar os exemplos da vectorização de edifícios e a representação e classificação de vegetação, a partir de imagem ortorretificada, sendo, de seguida, feita uma breve explicação destes dois estudos técnicos.

VECTORIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS A PARTIR DE IMAGEM ORTORRETIFICADA

A vectorização de edifícios a partir de imagem ortorretificada, representa um enorme desafio, pois implica que seja utilizado como base de trabalho um voo fotogramétrico com características específicas para o efeito, ou seja sobreposições (longitudinal e lateral) superiores a 70%, com vista ao aproveitamento das zonas centrais de cada imagem onde as distorções radiais devidas ao relevo e à altura dos objetos são menores [Redweik, 2007], como se pode observar no diagrama de distorções na Figura 3.

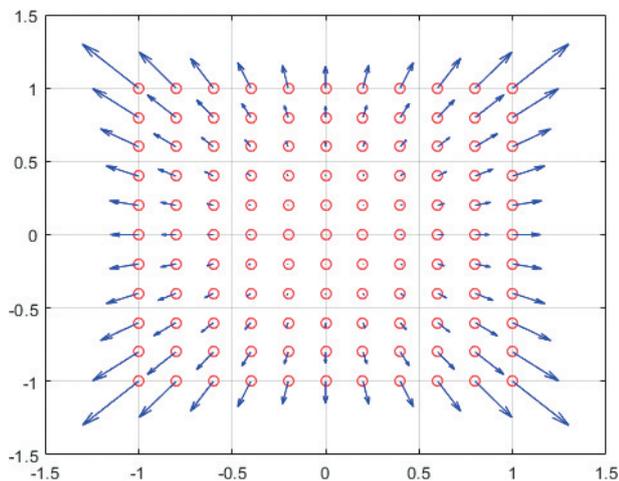


Figura 3- Diagrama de distorção radial de uma imagem aérea

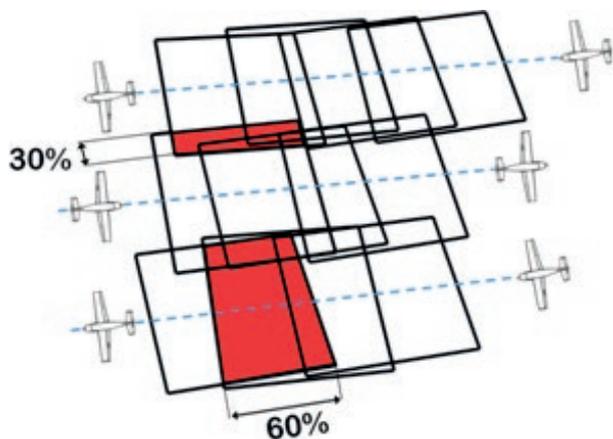


Figura 4- Esquema de sobreposição de um voo fotogramétrico como o que é atualmente utilizado pelo CIGeoE

Como esse tipo de voo representaria um investimento muito elevado, os estudos efetuados limitaram-se à utilização de mosaicos ortorretificados com os voos disponíveis à data (60% de sobreposição longitudinal e 30% de lateral).

De forma a garantir que a qualidade posicional do vetor está dentro dos parâmetros exigidos, foi feita uma seleção da área de cada imagem que pode ser aproveitada. Na Figura 5, podemos encontrar um mosaico ortorretificado com as respetivas *seamlines*, que indicam qual a área de cada fotografia aérea ortorretificada que foi utilizada para o mosaico final. O estudo foi feito numa dessas áreas onde a existência de edifícios se encontrava distribuída de forma homogênea. Para a avaliação da qualidade da informação resultante da vectorização de edifícios a partir de imagem ortorretificada, procedeu-se à aquisição da informação de esquinas de edifícios, primeiro no modelo estereoscópico com a ausência de distorções (valor que foi considerado o verdadeiro), e depois no mosaico ortorretificado. Obtida a amostra foi efetuada uma análise estatística sobre os resultados, comparando as coordenadas dos pontos homólogos adquiridos por cada um dos métodos.

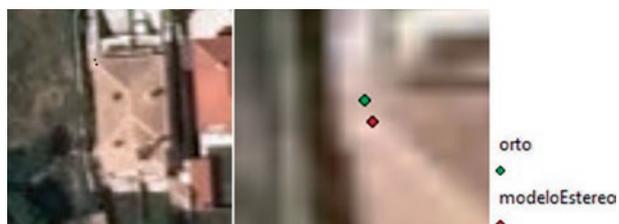


Figura 6 - Ponto adquirido no modelo estereoscópico (vermelho) e ponto adquirido no ortofoto (verde)

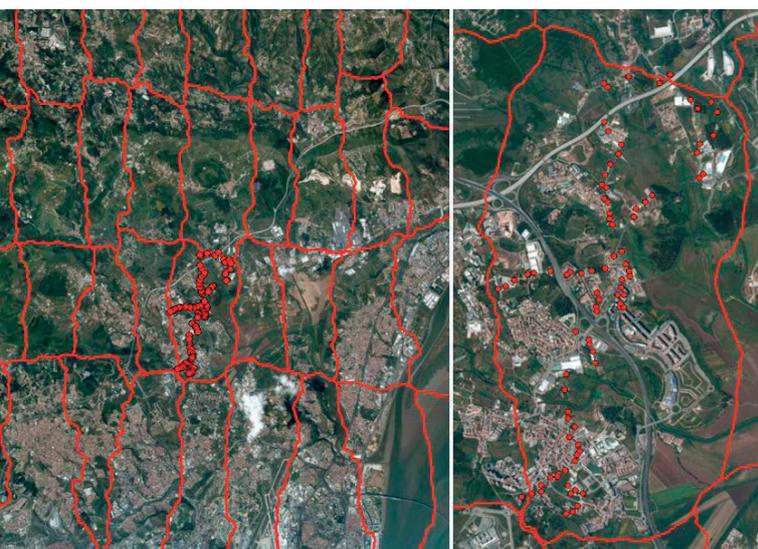


Figura 5 - Área considerada para estudo e os pontos adquiridos para a análise comparativa com o modelo estereoscópico

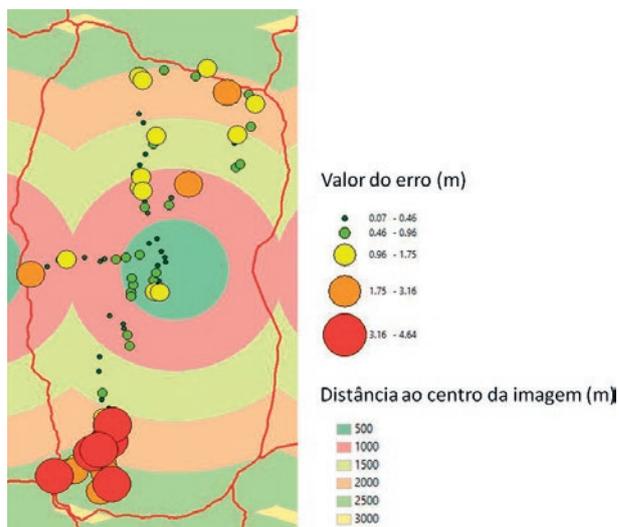


Figura 7- Representação dos pontos por classes de erro e de distâncias ao centro da imagem

Apesar de ser uma análise básica e sem qualquer valor científico, pode-se verificar que os erros encontrados a distâncias ao centro de projeção abaixo dos 1500 metros são reduzidos. Mesmo para edifícios relativamente altos, onde as distorções tendem a ser maiores, estas áreas podem ser perfeitamente utilizadas para a vetorização em 2D, pois verifica-se que são na sua maioria inferiores a dois metros, Gráfico 1. A partir dessas distâncias começam a encontrar-se erros maiores, mas sempre coincidentes com edifícios de alturas significativas. Daqui se pode depreender que será perfeitamente exequível a sua utilização em aldeamentos e edifícios isolados onde, por norma, as casas não têm mais do que dois andares. Podem assim ser definidas áreas de aproveitamento na imagem para que o operador de fotogrametria com menos recursos e menor experiência possa vetorizar em 2D a grande maioria

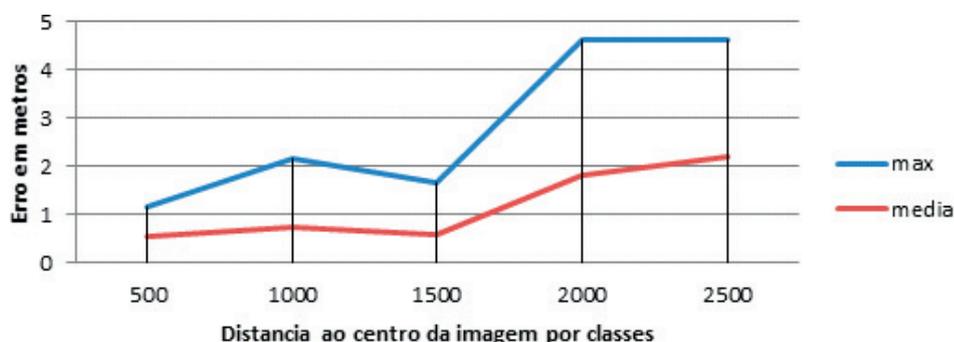


Gráfico 1- Valores máximos e médios dos erros encontrados para as diversas distâncias ao centro de cada foto

dos edifícios, o que representaria uma grande ajuda no trabalho de aquisição de informação.

A hipótese de qualquer alteração no processo de produção cartográfica, deve sempre partir do princípio de que o produto final não é alterado, ou seja, as respetivas características em termos de geometria, qualidade posicional e semântica devem ser mantidas. O processo, esse sim, pode ser alterado, desde que isso signifique um aperfeiçoamento para se chegar ao resultado pretendido.

Para este caso, o produto que se espera da Secção de Fotogrametria é o vetor em três dimensões, ou pelo menos como referido anteriormente com a informação altimétrica de cada um dos seus vértices. Essa informação não poderá ser adquirida diretamente do ortofoto, sendo atualmente conseguida a partir do modelo estereoscópico por métodos estereofotogramétricos onde é necessário o operador colocar a “marca flutuante” ou seja o respetivo cursor à cota em que o objeto se encontra, consumindo isso um tempo considerável.

Obviamente que haverá sempre a hipótese de se

deixar de armazenar a informação geográfica em 3D, mas isso implicaria uma análise mais aprofundada e uma alteração do paradigma de produção do CIGeoE, não sendo o âmbito deste artigo. Sobre esse tema limitamo-nos apenas à pergunta: será compensador esse tipo de produto (3D), considerando o custo em oposição à utilização que atualmente lhe é dada?

Com as tecnologias atuais, apercebemo-nos que existem outras possibilidades, a informação adquirida em 2D pode rapidamente ser colocada em 3D com uma mera projeção no Modelo Digital do Terreno (MDT). Para o caso dos edifícios não seria tão simples, o que se pretende registar como cota é a correspondente altura do edifício em relação ao solo e não apenas a cota da base.

Uma projeção no MDT não daria essa informação e um Modelo Digital de Superfície (MDS) teria

de ser perfeito para o poder dar. É possível, no entanto, criar automaticamente nuvens de pontos por correlação de imagem, não sendo o resultado um MDS perfeito, pois os edifícios estão representados de forma muito grosseira, mas pode ser um bom ponto de partida para essa projeção. Pode ser posteriormente utili-

zada, por exemplo, a cota máxima da nuvem de pontos na área que é coberta pelo edifício para atribuir a informação altimétrica a todo o edifício. O resultado final não será exatamente o mesmo daquele que é obtido por estereorrestituição, mas é muito próximo, eventualmente até mais realista, Figura 9.

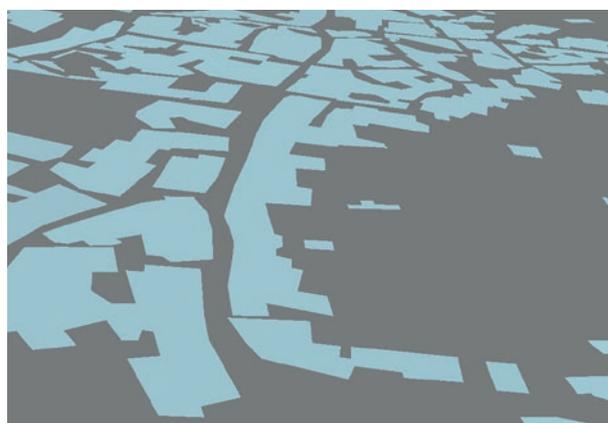


Figura 8- Edifícios vetorizados em 2D e projetados no MDT

REPRESENTAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE VEGETAÇÃO, A PARTIR DE IMAGEM ORTORRETIFICADA

Foi também elaborado um estágio académico para analisar a aquisição e classificação de áreas de vegetação. Não se pretendia analisar a classificação automática mas sim a aquisição e classificação manual de polígonos de vegetação conforme as normas de aquisição do CIGeoE.

Para este caso, a questão era verificar se a vetorização sobre imagem ortorretificada (2D) consumiria menos tempo do que a restituição fotogramétrica, assim como a melhor maneira de o fazer.

Logo à partida, percebeu-se que com a imagem em 2D, há uma maior dificuldade na interpretação da informação, altura e tipo da vegetação por exemplo. No entanto com os diversos estudos efetuados apercebemo-nos que com a utilização de um ecrã de maiores dimensões do que o normal e com um operador experiente essa dificuldade será ultrapassada.

Chegou-se à conclusão de que os tempos de aquisição

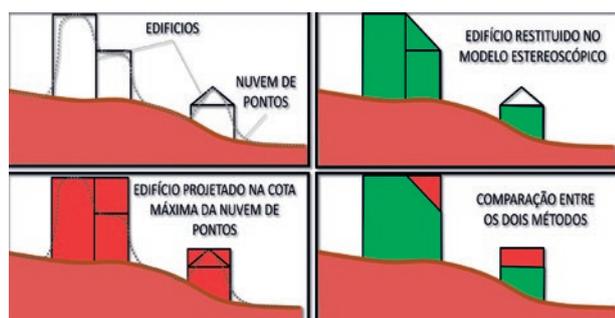


Figura 9 - Representação do perfil de dois edifícios onde a verde estão as cotas adquiridas no modelo estereoscópico e a vermelho as cotas com projeção na nuvem de pontos

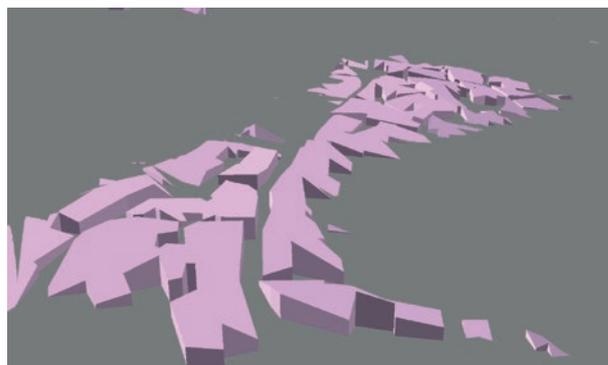


Figura 11 - Edifícios vetorizados em 2D e projetados na nuvem de pontos

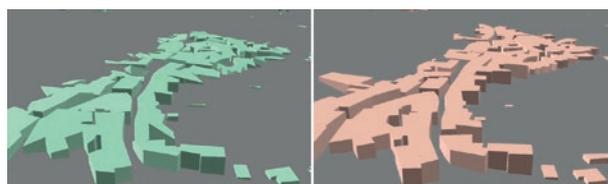


Figura 12 - Edifícios restituídos em 3D (à esquerda) e edifícios vetorizados em 2D, projetados na nuvem de pontos com cota normalizada com o valor máximo (à direita)

são significativamente mais baixos do que os da aquisição estereoscópica, além de necessidades de formação muito inferiores.

Será importante perceber, que a representação deste tipo de informação depende sempre da interpretação que é feita pelo operador, em que cada um terá uma solução única diferente de todas as outras. Não se pretende ter o pormenor da árvore ou arbusto, mas sim a representação da vegetação que cobre a zona no geral. Com isto quer-se dizer que não há o requisito de uma exatidão espacial tal como para o caso dos edifícios, simplificando bastante o processo.



Figura 10 - Nuvem de pontos gerada automaticamente pelo software de fotogrametria e pormenor onde a cor de laranja são identificados os telhados dos edifícios



Figura 13 - vectorização de áreas de vegetação a partir de imagem ortorretificada e utilizando um ecrã de grandes dimensões

Quanto à terceira dimensão (a cota da vegetação) esta poderá ser representada pela informação do terreno (MDT) ou eventualmente acrescentar-lhe um valor pré definido, (considerando a altura média da vegetação nessa área) ficando o vetor registado em 3D na Base de Dados, podendo até servir como base de trabalho ao operador de fotogrametria, o qual apenas teria de a validar.



Figura 14 - Zonas de vegetação adquiridas em 2D

Futuro da produção cartográfica

Os estudos efetuados, enquanto não forem fundamentados por uma análise mais rigorosa baseada em experiências em áreas mais vastas, servem apenas como referências. Um facto incontornável, é a necessidade cada vez mais premente de simplificar o processo de

aquisição de informação geoespacial, para que esta tenha um grau de atualização adequado às necessidades do utilizador assim como o menor custo de produção possível. A juntar a isso, a cadeia de produção terá inevitavelmente de acompanhar as tendências tecnológicas, pois se o *hardware* para visualização em 3D era uma certeza nos últimos anos por se apoiar na indústria do jogo digital, com a sua substituição pela realidade virtual, começa a ser difícil de satisfazer as necessidades da cadeia de produção, sendo as soluções encontradas muito mais dispendiosas.

Apesar destas tendências para utilização do 2D em detrimento do 3D, um facto certo (pelo menos por agora) é a necessidade de manter a capacidade de aquisição por estereorrestituição. O ortofoto só será possível de criar com a utilização de um MDT de elevada qualidade, além da essencial componente altimétrica da cartografia militar sendo representada por curvas de nível e pontos cotados. Para tal, apesar dos avanços tecnológicos da área, será sempre necessária a edição desse MDT em ambiente 3D, seja com a edição do vetor de versões mais antigas, seja a partir de nuvens de pontos geradas automaticamente.

Também a facilidade que há hoje em obter imagens de satélite de elevada resolução, poderá levar à sua utilização para a aquisição de informação sem a dependência de um voo específico para o efeito. A extração automática de determinada informação ou mesmo a massificação do trabalho de vectorização em 2D por operadores menos qualificados passando os atuais operadores experientes a desempenhar a função de validador, são outros fatores que podem ser considerados no futuro.

Analisando cada um dos temas da informação da base de dados geográfica de forma independente, podem-se encontrar soluções específicas para cada um deles, quais os que devem ser adquiridos em 3D de origem? Quais aqueles que podem ser obtidos por processos automáticos? Que tipo de imagem para cada um deles? A resposta a este tipo de perguntas pode levar à simplificação do processo de aquisição e conseqüente redução quer de custos quer de tempo, circunstância que pode vir a fazer toda a diferença num futuro onde domine a informação atualizada.

Referências

Redweik, Paula, 2007, Fotogrametria Aérea, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.



No presente artigo, é exposto a capacidade de planeamento e gestão do Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), na produção da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000, fortemente dependente de *softwares* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com principal foco na etapa da Pré-validação e no *software Quantum Geography Information System* (QGIS), a que esta recorre. A Pré-validação consiste no controlo de qualidade à informação geográfica adquirida, imediatamente após o trabalho realizado pelas equipas topográficas. Esta abordagem inclui diversos temas, tais como a toponímia, os vértices geodésicos, a rede viária, a hidrografia, a vegetação, entre outros, constituindo-se ainda como um pilar à minimização de erros que podem ocorrer nas etapas prévias contribuindo para a criação de uma base de dados geográfica coerente. Conclui-se que a pré-validação é uma das etapas mais importantes para o processo, sendo esta a primeira onde é realizada uma revisão do trabalho que foi feito até aquele momento, tendo como foco a redução de erros e a sua possível propagação e agravamento nas etapas seguintes. A elaboração do presente artigo baseou-se na consulta bibliográfica de artigos científicos do tema, incluindo um estudo de caso real, concretizado no CIGeoE.

A Pré-validação na cadeia

da Carta Militar de Portugal (Séries M888, M889 e

Introdução

O Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE) provê com informação Geoespacial o Exército e outras entidades, bem como desenvolve ações de investigação científica e tecnológica (CIGeoE, 2020), visando na sua produção diversos produtos em destaque desde fotografias aéreas, criação de vetores, Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000, entre outros.

A pré-validação está enquadrada numa das fases da cadeia de produção para a criação da carta 1:25 000, sendo a fase imediatamente seguinte à da completagem feita pelas equipas topográficas.

O trabalho dos topógrafos consiste na ida ao campo, onde são esclarecidas as dúvidas levantadas pelos fotogrametristas aquando da estereorestituição fotogramétrica, adquiridos, eliminados ou alteradas as características de objetos, etc. O objetivo é determinar a veracidade da informação e a atualização da toponímia através de equipas qualificadas.

A pré-validação é efetuada por um revisor experiente com noção das normas de aquisição para identificar possíveis erros na informação geográfica. Esta pré-validação é feita em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), mais concretamente, através do *software Quantum Geography Information System* (QGIS).

O objetivo do revisor é pesquisar e investigar toda a informação geográfica existente para determinada folha da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000 em trabalho. Desta forma utiliza muitas vezes o histórico desde a primeira edição da folha, até à edição mais recente para compreender as possíveis transformações ocorridas no território.

A investigação tem de ser levada de forma mais



dação de produção

tugal à escala 1:25 000
(P821)

André Almeida

Alferes - Informação Geográfica
Geógrafo

Centro de Informação Geoespacial do Exército
aalmeida@igeoe.pt



fidedigna possível e em coordenação com o topógrafo, muitas vezes estas análises são efetuadas recorrendo a fontes de informação abertas, mas oficiais, tais como a informação das câmaras municipais, Infraestruturas de Portugal, Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), etc.

O revisor tem um papel importante na cadeia de produção da Carta Militar e na base de dados geográfica, por essa razão, é uma função que costuma ser ocupada por pessoas experientes para detetar possíveis erros humanos ou erros de interpretação da informação geográfica adquirida.

Pretende-se com este artigo enfatizar a importância da pré-validação e da utilização dos *softwares* SIG para a produção cartográfica no CIGeoE e para a elaboração da base de dados geográfica e base de dados cartográfica.

Assim, assume-se que os grandes objetivos da Pré-validação como etapa do processo de produção cartográfica consistem em reduzir o erro e garantir a exatidão e coerência da informação adquirida.

Métodos

O tipo de estudo consistiu numa revisão da literatura, essencialmente na consulta de bibliografia de artigos académicos, tendo sido a pesquisa realizada através de autores que abordam temas como: Pré-validação, SIG, QGIS, carta militar. Foram selecionados seis artigos relevantes, através do título e resumo, datados entre os anos de 2005 e 2019.

Importância dos SIG

A origem dos SIG está diretamente associada à história da cartografia, no que respeita à sobreposição de imagens por temas e camadas. O seu desenvolvimento ganha ênfase na década de 60, e em Portugal ainda mais na década de 80. Isto deve-se ao impacto tecnológico ter sido associado à informação geográfica. Não se pode esquecer que a informação geográfica/cartográfica é associada à existência de mapas no período Antes de Cristo (A.C.).

Os SIG constituem-se como ferramentas essenciais para a investigação e para a construção de bases de dados geográficos sendo fundamentais para a gestão do território. Estes permitem analisar com rigor informação geográfica recolhida em campo. Segundo Anastácio *et al* (2015, pág. 189), podem então ser definidos como:

“ (...) um importante mecanismo de valorização e defesa do património, pois permitem o aumento do rigor e a qualidade da informação geográfica, se forem respeitadas as metodologias e técnicas subjacentes à ciência da informação geográfica”.

Com isto entende-se que, com os SIG e uma base de dados geográficos rigorosa de acordo com Anastácio *et al* (2015), é possível formar também uma base de dados cartográfica mais cuidadosa e de maior qualidade, sendo que também com estas tecnologias o manuseamento da informação é mais simples e rápido. É possível realizar análise entre informação, correlacionando dados, ou seja, determinar informações relevantes a uma velocidade muito mais elevada, dando assim capacidade de análise de informação de forma mais objetiva. Para enfatizar a ideia, é possível utilizar a citação de Passos (2011, pág. 341):

“ (...) Estrutura dos *softwares* de SIG é preenchida por comandos programados que agilizam as etapas de análise, possibilitam a exploração máxima da qualidade de grandes quantidades de dados e dão maior precisão às suas correlações” (Passos, 2011, pág. 341)

Os SIG, na vertente de gestão territorial, permitem determinar através de coordenadas os locais exatos no mapa em estudo ou no mapa a ser criado, ou seja, podemos definir SIG de acordo com Clarke (1995) citado por Fonseca (2012, pág. 24):

“ (...) o que caracteriza os SIG como sistemas automatizados para a captura, armazenamento, recuperação, análise e visualização de dados espaciais”.

As tecnologias nesta vertente assumem uma importância em destaque para a área da gestão pois permitem a atualização da base de dados, tornando-a atual e real, diminuindo os recursos humanos necessários, assim como o tempo empregue para a realização do trabalho, trabalho esse feito de forma manual no passado.

Concluindo a definição de SIG pode ser considerado como a definição de Anastácio *et al* (2015, pág. 193) citando Maguire *et al* (1991):

“Os SIG surgem neste contexto como instrumentos de apoio à decisão constituídos por *hardware*, *software* e procedimentos, construídos para suportar a aquisição, gestão, manipulação, análise, modelação e visualização de informação espacial georreferenciada, com o objetivo de resolver problemas complexos de planeamento e gestão que envolvem a realização de operações de análise espacial”.

Cadeia de produção

Ao descrever a importância da Pré-validação, é fun-

damental abordar a cadeia de produção representada com um fluxograma com todas as suas fases de produção até à obtenção da Carta Militar 1:25 000, Figura 1.

Pré-Validação e a sua finalidade

A Pré-validação é um dos pontos fulcrais para a cadeia de produção, desta forma este artigo assume especial enfoque nesta etapa.

Através do *software* QGIS e de operadores com grande capacidade e especializados nas normas de aquisição (normas comuns que são a base das regras, que os topógrafos tem de seguir no campo e os fotogrametristas para adquirir os objetos), pretende-se reduzir o erro ao máximo.

Este processo é feito através de uma instrução de trabalho (IT), que detalha todos os passos a serem tomados, desde a chegada da informação dos topógrafos até a sua revisão estar finalizada, com recurso a ficheiros de extensão. qgis (ficheiro de projeto do QGIS), com a divisão da informação em determinados temas (camadas), como toponímia, vértices geodésicos, rede viária, hidrografia, vegetação, etc.

A elaboração desta etapa é feita com base na folha da edição anterior e com o ortofoto (fotografia aérea ortorretificada) do local em análise para detetar possíveis erros e omissões até aquele momento.

Ao todo são oito ficheiros QGS's para serem trabalhados de forma detalhada, para não terem demasiada informação e dificultar a sua análise, sendo organizados da seguinte forma:

- Plot_Hidro_qgs_002 é utilizado para detetar rios, albufeiras, barragens, lagoas mal formadas ou em falta, eliminando assim possíveis erros na hidrografia, é ainda utilizado para classificar os diferentes cursos de água com a espessura de traço com que deve ser editado;
- QGS_003_verificação_de_inflexões que significa a verificação do entalhe dos rios nas linhas de altimetria e se as linhas de água estão a desaguar na direção correta;
- Qgs_004_Rede_Viária que serve para identificar a numeração das estradas, ou seja, se estão de acordo com o decreto-lei nº 222/98 de 17 de Julho (alterado por: Lei nº98/99 de 26 de julho; decreto de retificação nº19-D/98; decreto-lei nº182/2003 de 16 de Agosto) e

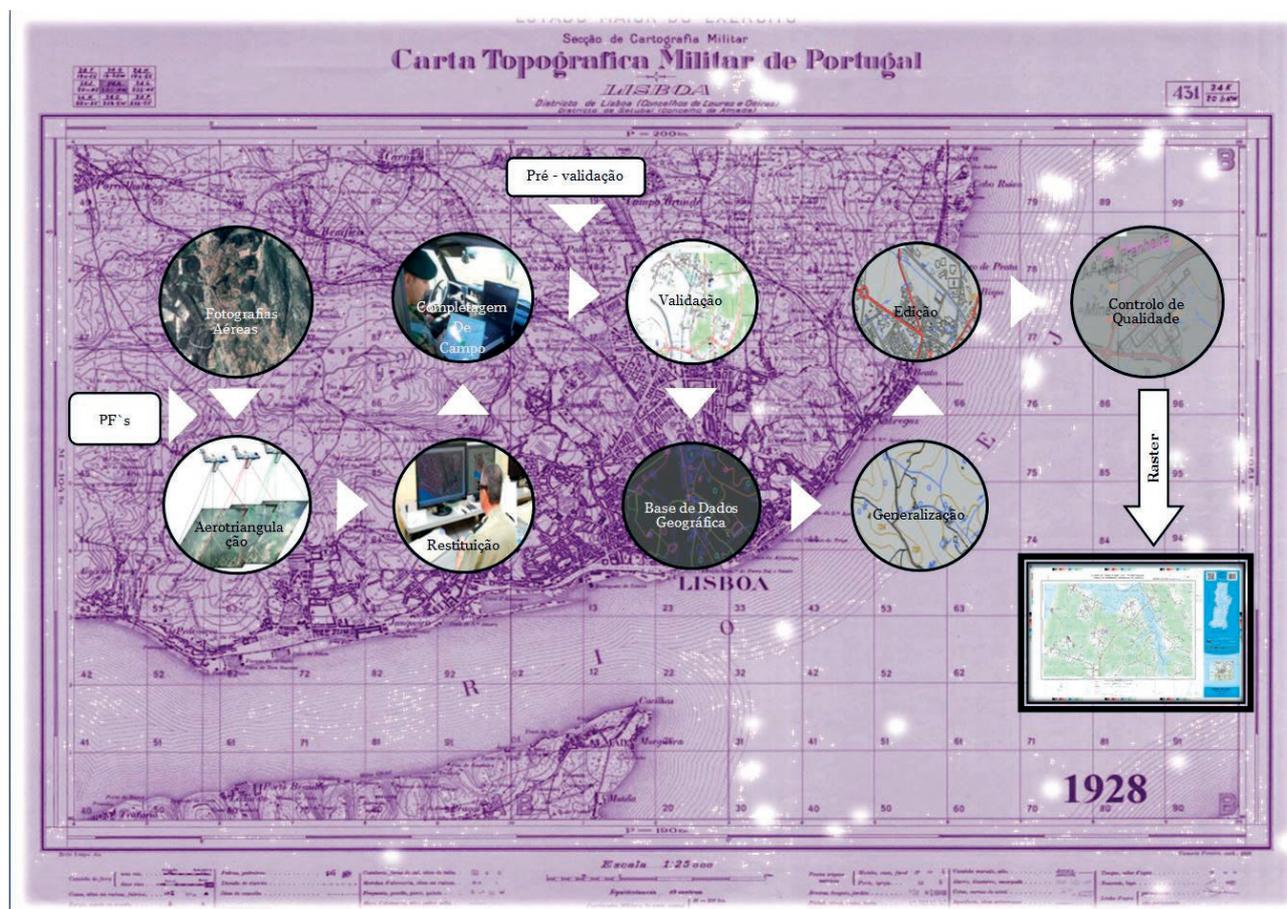


Figura 1 - Fluxograma das fases da cadeia de produção da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000

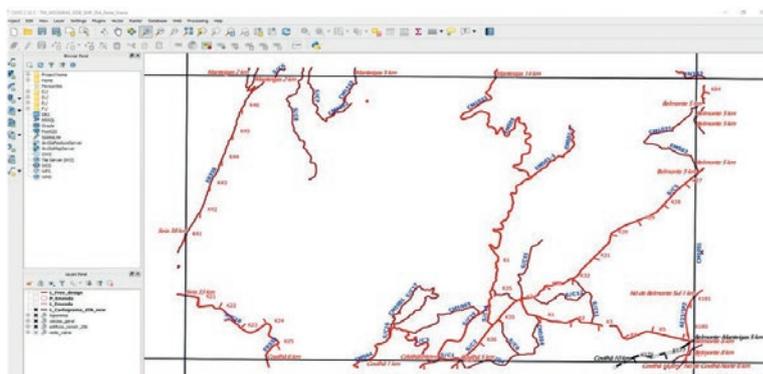


Figura 2 - QGS Rede Viária

também verificar marcos quilométricos e a distância das povoações mais próximas, sendo o mesmo feito para as linhas férreas;

- O Qgs_005_Tponímia serve para visualizar nomes de povoações, santuários, rios, ribeiras, serras, etc. e determinar possíveis erros de designação e grafismo;
- Qgs_006_Freguesias, serve para visualizar se a designação das freguesias estão corretas, principalmente após a lei 11-A de 2013 da reorganização administrativa do território das freguesias;
- Qgs_007_VGS serve para detetar erros nos vértices geodésicos, na sua toponímia e na localização (coordenadas), criando uma tabela que permite comparar a informa-



Figura 4 - Vértice Geodésico

Centro de Informação Geoespacial do Exército Secção de Controlo de Qualidade				O Revisor		O Editor		Folha nº		Edição nº		Série		M888						
LISTA DE VG's														Tipo Revisão		Pré-validação				
Base de dados: _mto da Topografia				Nome atual DGT ETRSEY 2015																
Sec Fotogr	Sec	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	Alq	
Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	Nome	
ABRUNHEIR A	OK	Topogr	ABRUNHEIR A	ABRUNHEIR A	IGREJA	ABRUNHEIR A	ABRUNHEIR A	149584.40	349824.76	111.28	Topogr	SOM	ABRUNHEIR A	IGREJA						
ALQUEIDÃO	OK	Topogr	ALQUEIDÃO	ALQUEIDÃO	CAPELA	ALQUEIDÃO	ALQUEIDÃO	146390.92	347899.37	36.95	Topogr	SOM	ALQUEIDÃO	IGREJA						
BICANHO	OK	BOL	BICANHO	BICANHO	VG	BICANHO	BICANHO	148239.51	347292.44	73.29	BOL	SOM	BICANHO	VG						
CASAL NOVO	OK	CASA	CASAL NOVO	CASAL NOVO	CASA	CASAL NOVO	CASAL NOVO	143949.04	342879.63	94.22	CASA	SOM	CASAL NOVO	VG						
CASAL VERDE	OK	CASA	CASAL VERDE	CASAL VERDE	CASA	CASAL VERDE	CASAL VERDE	144447.04	346022.21	93.51	CASA	SOM	CASAL VERDE	VG						
CERRO VENTOSO	OK	BOL	CERRO VENTOSO	CERRO VENTOSO	VG	CERRO VENTOSO	CERRO VENTOSO	149940.14	348279.78	120.94	BOL	SOM	CERRO VENTOSO	VG						
FEIXE	OK	DEP/AGUA/ELEV	FEIXE	FEIXE		FEIXE	FEIXE	150522.26	340428.47	93.93	DEP/AGUA/ELEV	SOM	FEIXE	DEP/AGUA/ELEV						
LAVOS	OK	Topogr	LAVOS	LAVOS	IGREJA	LAVOS	LAVOS	140676.89	347660.75	93.93	Topogr	SOM	LAVOS	CATAVENTO						
MBRONZE	OK	MBRONZE	LAVOS-MNE			LAVOS-MNE	LAVOS-MNE	140676.89	347660.75	93.93	MBRONZE	SOM	LAVOS-MNE	MBRONZE						
MOSCA	OK	BOL	MOSCA	MOSCA	VG	MOSCA	MOSCA	140676.89	347660.75	93.93	MBRONZE	SOM	LAVOS-MNE	MBRONZE						
PAIÃO	OK	Topogr	PAIÃO	PAIÃO	IGREJA	PAIÃO	PAIÃO	142724.61	349009.99	88.28	Topogr	SOM	PAIÃO	IGREJA						
QUINTA DO GANAL	OK	CATAVENTO	QUINTA DO GANAL	QUINTA DO GANAL	CASA	QUINTA DO GANAL	QUINTA DO GANAL	149893.56	349261.91	3.28	CASA	DEGRADAÇÃO	QUINTA DO GANAL	CATAVENTO						
SOBRAL	OK	BOL	SOBRAL	SOBRAL	VG	SOBRAL	SOBRAL	147079.25	344040.91	48.55	VG	DESOLETO	SOBRAL	VG						
TORNEIRA	OK	BOL	TORNEIRA	TORNEIRA	VG	TORNEIRA	TORNEIRA	148314.97	341560.02	112.62	VG	SOM	TORNEIRA	VG						
VINHA DA RAINHA	OK	CASA	VINHA DA RAINHA	VINHA DA RAINHA	CASA	VINHA DA RAINHA	VINHA DA RAINHA	149996.74	349265.69	72.29	CASA	SOM	VINHA DA RAINHA	CASA						
VISO	OK	DEP/AGUA/ELEV	VISO	VISO		VISO	VISO	149990.40	349366.99	74.56	DEP/AGUA/ELEV	SOM	VISO	DEP/AGUA/ELEV						

Figura 3 - Listagem de VG's

ção já tratada pelos fotogrametristas e topógrafos com a informação da Direção Geral do Território (DGT), cruzando estes dados. Caso exista alterações o revisor investiga a causa;

- Qgs_008_Vegetação é o Qgs mais recente criado, que serve para encontrar áreas de vegetação que possam estar sobrepostas criando erradamente uma análise da diversidade de vegetação;
- Por último o Qgs_001_base, apesar de ser o número 001, este em norma é feito no final, pois o tema aborda todas as camadas de informação e assim é

uma análise de erros em toda a folha. O foco é apontado em determinados erros comuns, como pontes mal adquiridas, muros mal adquiridos, etc. Este Qgs para além de apontar para os erros mais gerais, também possibilita uma segunda revisão da informação já abordada nos outros Qgs.

Através destas fases minuciosas e detalhadas é possível reduzir erro e entrar em pormenor, entendendo cada uma das temáticas da carta, transformando-a numa realidade exposta em papel ou imagem.

Para finalizar, todo este processo, é apoiado com diversos dados de fontes oficiais, reduzindo assim, os erros grosseiros que possam aparecer no trabalho final.

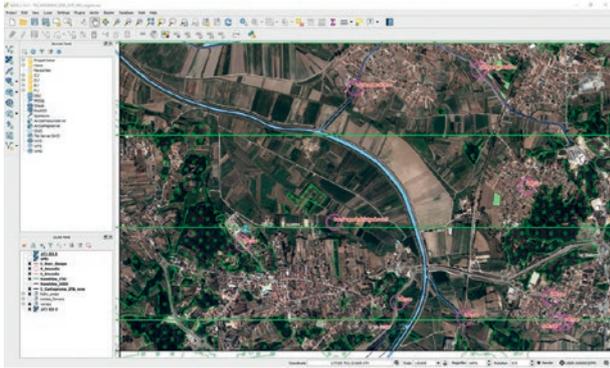


Figura 5 - QGS Vegetação

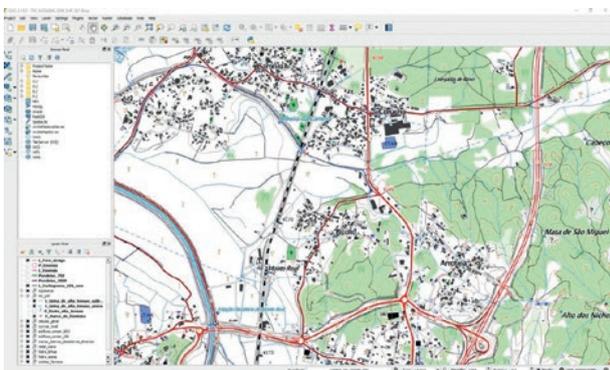


Figura 6 - QGS Base

Conclusão

A Pré-validação consiste numa etapa fundamental na cadeia de produção, onde se controla a qualidade da informação até então obtida.

Durante a exposição realizada neste mesmo artigo, foi possível explicar em que consiste o processo para a criação de uma Folha da Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000.

Para tal foi necessário contextualizar a importância da utilização dos SIG, sem os quais atualmente o trabalho dos geógrafos seria extremamente difícil, constituindo-se como ferramentas essenciais de apoio. Foi também possível entender o seu enquadramento histórico e a forma como têm sido utilizados e as vantagens que apresentam.

Posteriormente foi abordado um *software* específico, dentro dos SIG sendo este o QGIS. O QGIS no CIGeoE trata-se de um instrumento de apoio ao processo de pré-validação, tornando a utilização deste sistema determinante.

Posteriormente foi abordada a cadeia produção, onde foi demonstrado através de um fluxograma todas as etapas para a criação da carta 1:25000 e a base de dados geográfica.

Finalmente foi abordada a etapa que foi proposta tratar, a etapa de Pré-validação, que tem como objetivo a diminuição do erro para que seja possível alcançar a qualidade da carta de forma o mais fidedigna possível.

Referências bibliográficas

- Anastácio, R; Oosterbeek, L; & Rosina, R. (2015). Gestão integrada do território e do património: a importância dos Sistemas de Informação Geográfica. *Sémata*, 27, 187-197
- Bruno, L, O. (2017). Aplicabilidade de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) livres nas ciências ambientais: o uso do QGIS. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*. 4 (8), 321-326. DOI: <https://dx.doi.org/10.21438/rbgas.040807>
- Centro de Informação Geospacial do Exército - CIGeoE (2020). Acedido a partir de: <https://www.igeoe.pt/index.php?id=5>
- Fonseca, L. (2012). *Contributo dos SIG para a definição de áreas geográficas para a distribuição de enfermeiros de família: Estudo de caso na USF Nova Via do ACES Espinho/Gaia*. Dissertação de Mestrado. Porto: Portugal.
- Hoffmann, G. P., Borelli, R. M., I. J., Schmidt Nanni, A. (2018). O uso de geotecnologias livres: QGIS e EpiCollect no levantamento de dados em geociências. *GeoFocus*, 21, 39-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.21138/GF.504>
- Passos, F. G (2011). *A importância do sistema de informação geográfica - SIG - no ensino de cartografia*. Colóquio De Cartografia Para Crianças E Escolares por Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, 7, 2011. Brasil. p.340-348.
- Saldanha, M, F, S. (2005). *Validação de Dados Geográficos Espaciais em Ambiente Orientado a Objeto*. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: Portugal.



O Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE) cartografa o território nacional através da estereorrestituição dos objetos a partir de fotografias aéreas, por operadores de fotogrametria qualificados para esse efeito e com posterior validação no terreno. Um processo demasiado moroso, o que pode afetar o desfaseamento das cartas do Exército, em relação à realidade observada.

Para este estudo, dentro de uma área limitada, foram implementadas duas metodologias principais de classificação, desenvolvendo-se para esse efeito três classificadores com excelentes resultados, nomeadamente *XGBoost*, *Random Forest* e *Support Vector Machines*, utilizando diferentes abordagens de classificação. Uma das metodologias implementadas envolve um produto de *Sentinel-1* e *2* da mesma data da classificação original ou com uma diferença temporal muito pequena e uma outra metodologia que envolve o uso de séries temporais com *features* para a classificação, mantendo todas as normas necessárias garantindo que os objetos adquiridos possuem o mesmo grau de detalhe e rigor. Para o âmbito deste projeto escolheu-se a deteção semiautomática de vegetação permanente (oito classes principais).

O algoritmo desenvolvido apresentou resultados muito satisfatórios nas regiões de estudo, constituindo um passo muito importante na automatização da classificação automática da vegetação em Portugal. Com a implementação deste algoritmo na Cadeia de Produção do CIGeoE, todo o processo de aquisição e classificação da vegetação ficará muito mais célere, contribuindo deste modo para a diminuição do desfaseamento temporal entre as fotografias aéreas e a disponibilização da informação aos utilizadores.

Motivação e Contexto

O Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE) provê com informação geoespacial o Exército e outras entidades, bem como desenvolve ações de investigação científica e tecnológica. Constituir-se como referência nacional de excelência no fornecimento de informação geográfica, em particular na produção da Carta Militar de Portugal, na escala 1:25 000, a Carta Base de Portugal. A produção da informação geoespacial da Carta Militar tem por base uma aquisição global dos objetos do mundo real, sendo um dos temas a vegetação, adquirida através de fotografia aérea sendo posteriormente interpretada e vetorizada manualmente por operadores de fotogrametria que classificam a informação geográfica pretendida de acordo com as Normas de Aquisição, num processo designado por restituição¹.

Devido ao grande volume de informação a processar manualmente pelos operadores, e ao facto de esta informação ser validada no terreno face ao desfaseamento temporal entre as fotografias aéreas e realização dos trabalhos de campo, este processo caracteriza-se como sendo bastante demorado e exigente.

Pretende-se, com a elaboração deste projeto, o desenvolvimento de ferramentas que, recorrendo a algoritmos de aprendizagem automática, permitam a classificação automática da vegetação permanente, a partir de imagens multiespectrais de *Sentinel*, de acordo com as Normas de Aquisição do CIGeoE. A inclusão deste processo na cadeia de produção da Carta Militar, visa permitir a redução drástica do tempo de aquisição dos dados, assim como um maior grau de atualização face aos dados de validação provenientes do trabalho de campo.

A vegetação permanente é definida de acordo com estas normas, seja ela natural ou cultivada, que mantém a sua área vegetacional durante a mudança de estações, sem a presença de

¹ Estas normas são confidenciais, e consequentemente de acesso restrito, tendo sido disponibilizadas para efeitos auxiliares na construção de uma metodologia eficiente.



Detecção semi-automática **de áreas verdes** **permanentes**

João Albuquerque

Aluno Mestardo em Engenharia Informatica
Departamento de Informatica
Faculdade de Ciencias da Universidade de Lisboa
jc.albuquerque@campus.fct.unl.pt

Paulo Pires

Tenente-Coronel de Cavalaria
Engenheiro Informático
Centro de informação Geoespacial do Exército
ppires@igeoe.pt

Fernando Birra

Professor Doutor
Departamento de Informatica
Faculdade de Ciencias da Universidade de Lisboa
fpb@fct.unl.pt

Carlos Damásio

Professor Doutor
Departamento de Informatica
Faculdade de Ciencias da Universidade de Lisboa
cd@fct.unl.pt

João Moura Pires

Professor Doutor
Departamento de Informatica
Faculdade de Ciencias da Universidade de Lisboa
jmp@fct.unl.pt

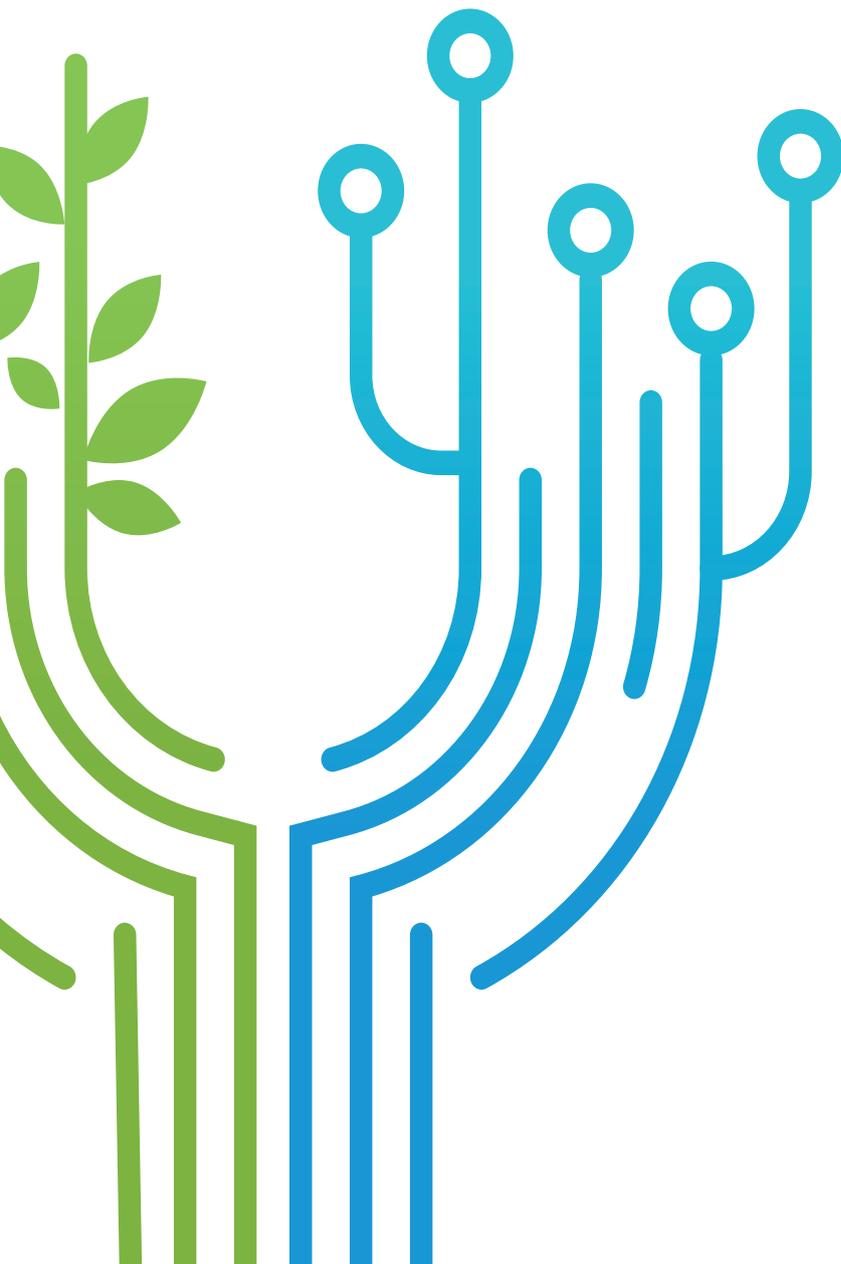




Figura 1 - Exemplo da classificação da vegetação permanente feita pelo CIGeoE

fatores exteriores que possam afetar consideravelmente a sua dimensão (incêndios, desflorestação, etc.). As suas características poderão ser influenciadas ligeiramente com o decorrer do tempo, mas no geral manter-se-ão relativamente consistentes com o decorrer do ano. Estas características tornam este tipo de vegetação relevante para a catalogação cartográfica.

A Figura 1, pretende ilustrar o produto final do CIGeoE comparativamente às ortofotos utilizadas neste projeto para a classificação da vegetação. O objetivo deste artigo é automatizar este processo, desde a deteção remota como a figura da direita à aquisição e classificação automaticamente na figura da esquerda.

Abordagem

DADOS DE ESTUDO

Como *ground truth* o CIGeoE forneceu 4 *shapefiles* relativos a 4 regiões distintas de Portugal. Estes *shapefiles* têm 10 000 por 16 000 metros de área, por *shapefile*, com uma classificação da vegetação permanente de acordo com o contexto da carta militar. Todos estes *shapefiles* têm a sua classificação proveniente da estereorrestituição efetuada a partir de fotografias aéreas obtidas em maio de 2015. Estas regiões são Fundão, Monchique, Sendim do Douro e Praia da Tocha, tendo sido previamente escolhidas por conterem vegetação muito diversificada contribuindo deste modo para uma variabilidade do algoritmo, um excelente ponto de partida para um estudo inicial.

Para a utilização desta informação como dados de *input* para treino e para uma classificação *pixel* a *pixel* foi necessário adicionar-se uma *feature* numérica a estes *shapefiles* que correlaciona o tipo de vegetação a um algarismo, funcionando assim com um *id* único de cada classe. Deste modo foi possível rasterizar-se estes *shapefiles* utilizando o seu *id*, no CRS EPSG:32629, tendo sido usados

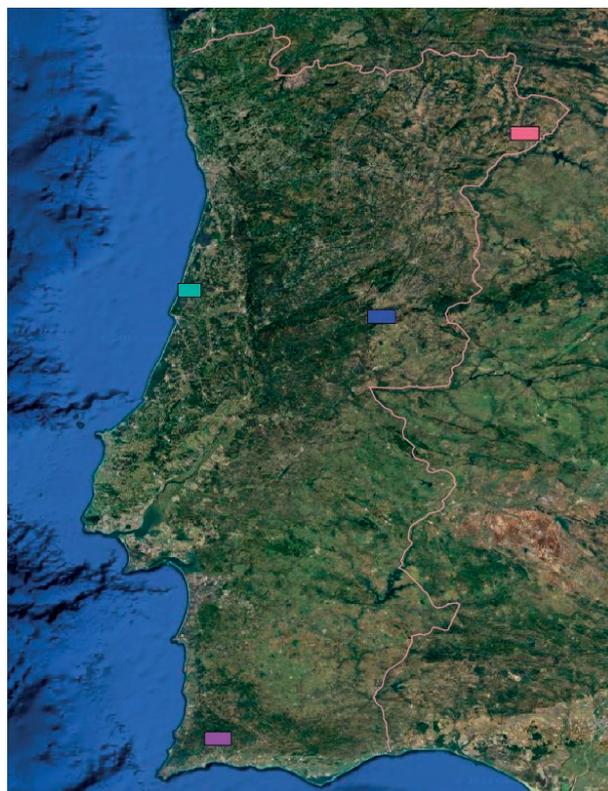


Figura 2 - Áreas de Interesse

pixels de 10m x 10m. Esta resolução constitui um decréscimo significativo comparativamente à resolução espacial das fotografias aéreas utilizadas pelo CIGeoE, no entanto esta resolução garante que a resolução espacial dos produtos de *Sentinel-1* e *Sentinel-2* sejam alinhados com a resolução espacial das fotografias aéreas.

PRÉ-CLASSIFICAÇÃO

Anteriormente à classificação foi estudada a distribuição das classes nos produtos referentes à *groundtruth*.

Na Figura 3, está representada a distribuição de classes através das quatro regiões de interesse. A distribuição destas classes é muito heterogénea, com uma larga incidência nas classes de *No Data* (referente a pixels que, ou não são vegetação, ou são vegetação que sai fora do contexto do interesse do estudo) e também nas classes de Arvoredo Denso e Arvoredo Esparso. Por outro lado, as clas-

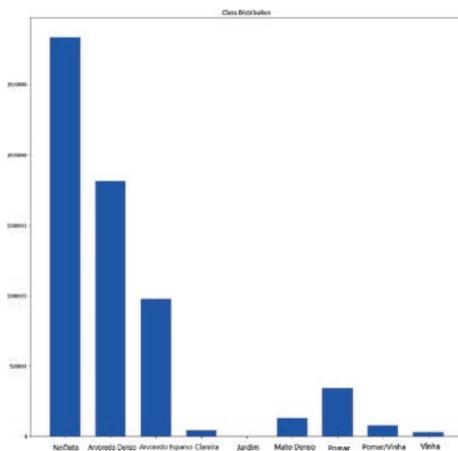


Figura 3 - Distribuição de classes pelas quatro folhas de classificação

ses Mata, Estufa e Sebe ou Valado que inicialmente estava presente nas classes a classificar, não têm qualquer número de amostras nestas folhas sendo assim ignoradas neste trabalho. No entanto, contrariamente ao ponto anterior, surge uma classe previamente desconhecida, a Clareira que, de acordo com as especificações do CIGeoE, representa áreas de vegetação rasteira que se encontram circundadas de Arvoredo. A classe Jardim ou Horta, em mais de quatro milhões de amostras, apenas tem representação em cerca de uma centena dessas amostras e, conseqüentemente, foi também desconsiderada para o algoritmo de classificação.

A Tabela 1, mostra a representação das classes principais do CIGeoE nas amostras contidas na *groundtruth*. Conseqüentemente das 10 classes principais da classificação do CIGeoE serão trabalhadas sete classes com uma classe adicional, a Clareira, perfazendo um total de oito classes a classificar.

A Figura 4, é um exemplo de um produto *raster*

Classes Principais do CIGeoE	Classes a Utilizar
Sem Representação	No Data
Arvoredo Denso	Arvoredo Denso
Arvoredo Esparso	Arvoredo Esparso
Sem Representação	Clareira
Mata	Sem Representação
Mato Denso ou Arbustos	Mato Denso ou Arbustos
Estufa	Sem Representação
Pomar	Pomar
Vinha	Vinha
Pomar/Vinha	Pomar/Vinha
Sebe ou Valado	Sebe ou Valado
Jardim ou Horta	Representação Muito Diminuta (Descartada)

Tabela 1 - Classes principais do CIGeoE e a sua representação nos dados de estudo

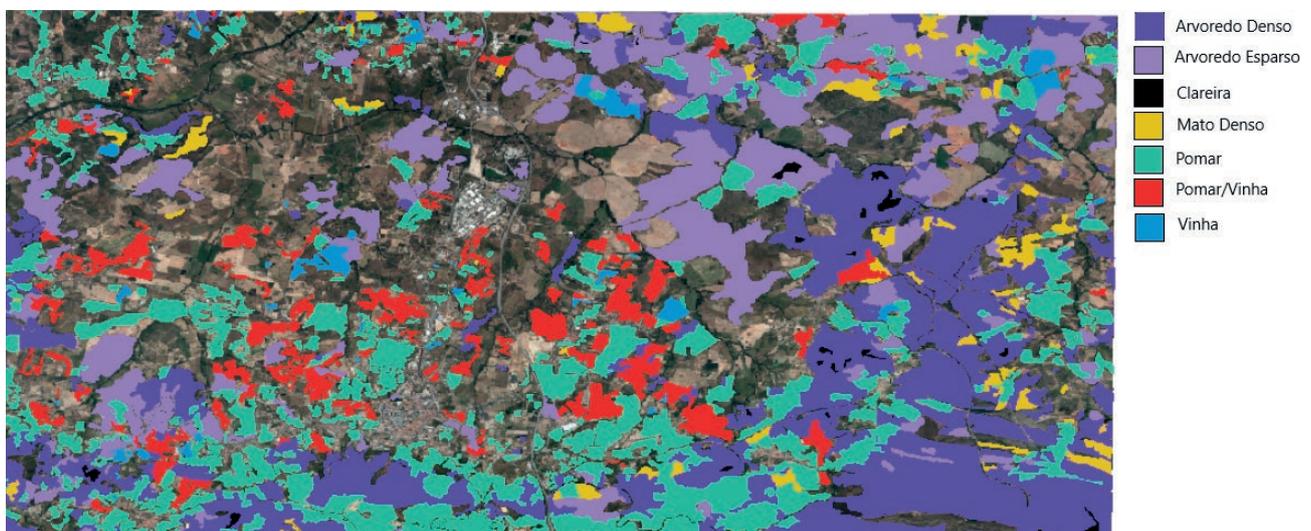


Figura 4 - Produto *raster* resultante da classificação do CIGeoE

resultante da classificação manual efetuada pelo CIGeoE. Cada uma das zonas coloridas representa um tipo de vegetação permanente relevante para a classificação em análise. Esta imagem fornece também uma ajuda visual para verificar a disparidade entre o número de amostras de cada classe e a sua distribuição espacial em cada folha.

VISÃO GERAL DO ALGORITMO

Como fonte de dados de deteção remota foram utilizados produtos de *Sentinel-1* (Imagens SAR) e produtos de *Sentinel-2* (Imagens Espectrais). Estes produtos apresentam excelente resolução espacial (cerca de 10m em algumas bandas espectrais), como um número aceitável de bandas espectrais, constituindo assim um conjunto robusto de características de treino.

No que diz respeito à aprendizagem automática os classificadores utilizados foram o *Support Vector Machines* (SVM), *Random Forest* e *XGBoost*. Estes classificadores apresentam resultados muito consistentes e coerentes em literatura semelhante e por esses mesmos motivos foram os classificadores escolhidos.

A metodologia de classificação de modo geral segue os seguintes passos:

- **Carregamento e Processamento de Dados**
Os dados, tanto as *features* como a *ground-truth* são carregados em memória utilizando o GDAL, sendo as imagens carregadas a partir do ficheiro e em seguida transformadas em matrizes que cada valor é representativo de um *pixel* dessa mesma imagem. A partir de um ficheiro, no caso das *features*, cada entrada na matriz representava todos as bandas disponíveis associadas ao *pixel* respetivo. Cada imagem é carregada individualmente.
- **Validação dos Modelos** Inicialmente todos os classificadores foram otimizados utilizando o algoritmo de validação de modelos *Random Search*. O algoritmo de *Random Search* foi implementado com 100 iterações, e utilizando o *Cohen Kappa* com métrica de validação, foi-lhe também transmitido o conjunto total de dados a utilizar pois este algoritmo utiliza internamente *Stratified K-Fold* para dividir o conjunto de dados. Após esta otimização, os modelos ótimos de cada classificador são mantidos para os testes posteriores, evitando assim que se tenha de correr à otimização deste algoritmo sempre que seja preciso proceder à classificação de dados tornando o processo de classificação mais rápido e menos pesado.

- **Treino** Posteriormente à obtenção dos parâmetros ótimos para cada classificador, 20% dos dados relativos a cada imagem são utilizados para treino do modelo de classificação. Estes dados estão estratificados, o que significa que o modelo de treino vai receber 20% dos dados de cada classe, mantendo uma distribuição idêntica à do conjunto total, evitando assim a ausência de classes com fraca representação no conjunto de *input*.
- **Previsão da Imagem** Por fim, os restantes dados respetivos a cada imagem são, individualmente, fornecidos ao algoritmo para a previsão da imagem na totalidade. Após a previsão, uma nova imagem *raster* é gerada com as previsões geradas pelo algoritmo. São também calculadas métricas de validação para perceber melhor o desempenho geral de cada algoritmo.

SÉRIE ESTÁTICA VS SÉRIES TEMPORAIS

Neste algoritmo foram utilizadas as metodologias distintas temporal estática e séries temporais. A distinção entre estas duas metodologias é que nas séries estáticas apenas um produto de *Sentinel-1* e *Sentinel-2* é usada para o treino e classificação dos dados, enquanto nas séries temporais foram usados diversos produtos de datas diferentes, de um intervalo de um ano, para treino e classificação dos dados.

Para a implementação da metodologia de séries temporais foram criadas quatro variantes procurando uma implementação ideal com resultados excecionais que pudesse ser implementada na linha de produção de cartas militares do CIGeoE. Estas variantes serão brevemente descritas de seguida.

- **Série Temporal Convencional** Esta variante utiliza indiscriminadamente todas as suas *features* no processo de classificação, mantendo as características dos dados o mais próximo do original possível.
- **Série Temporal com Métricas Estatísticas** Esta variante troca os *inputs* fornecidos pelos produtos originais por métricas estatísticas como a mediana, a moda, quantis, calculados a partir dos valores originais, diminuindo assim um número possivelmente absurdo de amostras e mascarando alguns *outliers* que possam enviesar o treino.
- **Série Temporal com Informação Temporal Incorporada (Tuplo e Peso)** Estas duas variantes procuram integrar os dados temporais referentes a cada produto, com as suas

características espectrais. Para isso duas variantes foram concebidas, uma que integra estes dados como tuplo, e outra que integra a informação temporal como peso.

VALIDAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO

Dada a importância da validação na viabilização do algoritmo, foi implementada uma técnica de validação *pixel a pixel* utilizando métricas muito conhecidas como a matriz de confusão, o *Kappa*, *Accuracy*, *Precision*, *Recall*. Aliada a estas métricas é feita uma avaliação objetiva, não só aos níveis das métricas, mas também ao nível visual do produto *raster* resultante da classificação.

Nesta técnica, a validação *pixel a pixel*, são extraídos os valores de cada *pixel* do produto utilizado como *groundtruth* e estes valores são comparados com o produto final resultante da classificação. Este é um processo de fácil implementação e compreensão e fornece uma ideia geral do comportamento do algoritmo na classificação de vegetação.

Apresentação de Resultados

Nesta secção serão apresentados e discutidos os resultados das diferentes metodologias usadas para testar e avaliar o algoritmo. Primeiramente serão discutidos os resultados da série temporal estática, depois serão avaliadas e comparadas as diferentes variantes da metodologia de séries temporais, e por fim será feita uma análise à capacidade de generalização deste algoritmo.

RESULTADOS SÉRIE ESTÁTICA

O resultado da classificação está expresso na Tabela 2 utilizando um único produto de *Sentinel-1* e *Sentinel-2* e considerados resultados aceitáveis, onde os classificadores de *Random Forests* (RF) e *XGBoost* apresentam resultados muito semelhantes.

Podemos observar que o classificador de RF apresenta resultados ligeiramente superiores aos

Métricas	<i>Random Forest</i>	<i>XGBoost</i>	<i>SVMs</i>
Overall Accuracy	89%	85%	64%
Overall Precision	93%	89%	29%
Overall Recall	76%	75%	27%
Overall F1Score	83%	82%	26%
Overall Kappa	83%	78%	43%

Tabela 2 - Métricas resultantes da classificação de série temporal estática

resultados do classificador *XGBoost*. Ambos os classificadores apresentam um *recall* com valores visivelmente inferiores aos valores das outras métricas, o que, por conseguinte, significa que estes classificadores têm problemas com a elevada discrepância no número de amostras das diferentes classes referido anteriormente, na secção “*Pré-Classificação*”, resultando, numa elevada percentagem, as classes minoritárias ficarem mal classificadas.

Por outro lado, o classificador *Support Vector Machines* (SVMs) apresenta resultados muito fracos, e, por conseguinte, será descartado em avaliações futuras. Estes fracos resultados são consequência de uma fraca capacidade em lidar com um número tão elevado de amostras (cerca de 1,5 milhões por produto).

Após o estudo destes resultados decidiu-se, estudar o desempenho do algoritmo (utilizando o algoritmo *Random Forest* devido às suas métricas relativamente superiores) por classes individuais. Deste modo possibilita-se o estudo, mais aprofundado do comportamento deste algoritmo.

Classes	Precision	Recall	F1Score
NoData	88%	96%	92%
Arvoredo Denso	89%	92%	90%
Arvoredo Esparso	91%	74%	80%
Clareira	99%	60%	75%
Mato Denso	97%	65%	78%
Pomar	86%	81%	84%
Pomar/Vinha	95%	66%	78%
Vinha	97%	78%	87%

Tabela 3 - Classificação por classe utilizando o classificador *Random Forest* com série estática

Com o estudo adicional da Tabela 3, pode-se afirmar que apesar de os resultados serem satisfatórios existe uma diferença significativa na métrica *recall* em algumas classes. Isto deve-se à vasta diferença entre número de amostras entre as classes com maior número de amostras e classes com menor número de amostras (descritas em “*Pré-Classificação*”). As classes Clareira, Mato Denso e Pomar/Vinha têm um número de amostras muito diminuto comparativamente a classes como Arvoredo Denso e Arvoredo Esparso. Esta disparidade introduz confusão na classificação pois grande parte destas amostras estão a ser classificadas como classes maioritárias, justificando assim valores de *recall* mais reduzidos. Adicionalmente observa-se que as classes *No Data*,

Arvoredo Denso e Pomar/Vinha são as únicas classes com valores de *precision* inferiores a 90%, pois existem amostras de outras classes que são classificadas consistentemente como amostras destas classes, refletindo mais uma vez o problema relatado anteriormente, da dificuldade na distinção entre classes com números muito discrepantes de amostras.

RESULTADOS SÉRIES TEMPORAIS

Com a adição de séries temporais, conseguiu-se uma melhoria significativa face aos resultados obtidos na metodologia temporal estática. Para isso fez-se uma análise qualitativa das quatro variantes criadas para esta metodologia de modo a maximizar o desempenho.

Métricas	S.T. Convencional	S.T. com Métricas Estatísticas	S.T. Informação Temporal como Tuplo	S.T. Informação Temporal como Peso
Accuracy	94%	93%	94%	94%
Precision	97%	96%	96%	97%
Recall	86%	83%	85%	87%
F1Score	91%	89%	90%	91%
Kappa	91%	88%	90%	91%

Tabela 4 - Validação dos diferentes modelos de séries temporais

Com a comparação dos resultados obtidos na Tabela 4, observa-se que todas as variantes de metodologia de séries temporais apresentam uma melhoria muito significativa relativamente à metodologia convencional de série estática. No entanto duas variantes destacam-se das outras em termos de desempenho: a série temporal convencional e a série temporal convencional usando informação temporal como peso. Estas duas variantes apresentam resultados muito semelhantes no entanto existe uma pequena vantagem em usar a variante de informação temporal como peso, pois esta pode dar mais peso a produtos com datas com menor incidência de produtos viáveis, (o mês de Janeiro costuma apresentar uma maior cobertura de nuvens e por isso um número inferior de ima-

Métricas	<i>Random Forest</i>	<i>XGBoost</i>
Overall Accuracy	95%	97%
Overall Precision	97%	97%
Overall Recall	90%	95%
Overall F1Score	95%	97%
Overall Kappa	93%	96%

Tabela 5 - Métricas resultantes da classificação de séries temporais

gens espectrais viáveis) característica que não se apresenta numa metodologia de séries temporais convencional.

Quando se utiliza esta metodologia para a classificação da vegetação das regiões de interesse, observam-se resultados muito satisfatórios. Segundo a Tabela 5 a utilização de diversos produtos de *Sentinel-1* e *Sentinel-2* constitui uma melhoria muito significativa na classificação de vegetação. Todas as métricas apresentam uma melhoria muito positiva, mais notavelmente na métrica *recall*, subindo para valores acima dos 90%, o que significa que a confusão entre classes é muito inferior e apesar de ainda estar presente, tem uma presença muito diminuta na classificação de vegetação.

Comparando os dois classificadores, o *XGBoost* tem um desempenho relativamente superior ao classificador *Random Forest*, no entanto este classificador apresenta um tempo de execução significativamente inferior com cerca de 57 minutos face ao tempo de 269 minutos por parte do algoritmo *XGBoost* (reduzível para 89 minutos utilizando GPU *multi-threading*). Estes resultados oferecem uma dinâmica interessante de *trade-off* entre desempenho e viabilidade, com o algoritmo *XGBoost* apresentando tempo de execução superior, mas resultados ótimos, e o classificador *Random Forest* apresentando resultados bastante bons, mas ligeiramente inferiores ao *XGBoost* mas com um tempo de execução muito reduzido.

Para o estudo do desempenho por classe, desta vez utilizou-se o classificador *XGBoost* devido às suas métricas muito promissoras.

Com a observação e estudo da Tabela 6 podemos observar que a confusão entre classes maioritárias e minoritárias muito presente na Tabela 3 é muito reduzida utilizando séries temporais. Apesar de se verificar um comportamento semelhante à Tabela 3 em relação à distribuição de valores na generalidade existe um aumento muito significativo nos valores em cima, nomeadamente a métrica *recall* mantém-se sempre acima dos 90%. Isto significa

Classes	Precision	Recall	F1Score
NoData	97%	98%	98%
Arvoredo Denso	97%	98%	97%
Arvoredo Esparso	97%	97%	97%
Clareira	96%	91%	94%
Mato Denso	98%	93%	95%
Pomar	96%	95%	96%
Pomar/Vinha	97%	93%	95%
Vinha	98%	95%	96%

Tabela 6 - Classificação por classe utilizando o classificador *XGBoost* com séries temporais

que com séries temporais mais amostras de classes minoritárias são introduzidas o que permite ao algoritmo discernir e classificar as classes pretendidas com maior facilidade.

utilizados pelo CIGeoE na classificação da vegetação permanente.

Conclusão

O presente artigo pretendeu descrever de uma forma sucinta todo o desenvolvimento de uma ferramenta para a aquisição e classificação da vegetação permanente no contexto da carta militar do CIGeoE.

O tema vegetação consiste em 8 classes principais distribuídas inicialmente por quatro folhas correspondendo às regiões de interesse Fundão, Monchique, Sendim do Douro e Tocha. As classes têm uma distribuição altamente desequilibrada constituindo um obstáculo importante no treino e classificação desta vegetação.

Com esse objetivo adquiriram-se produtos de

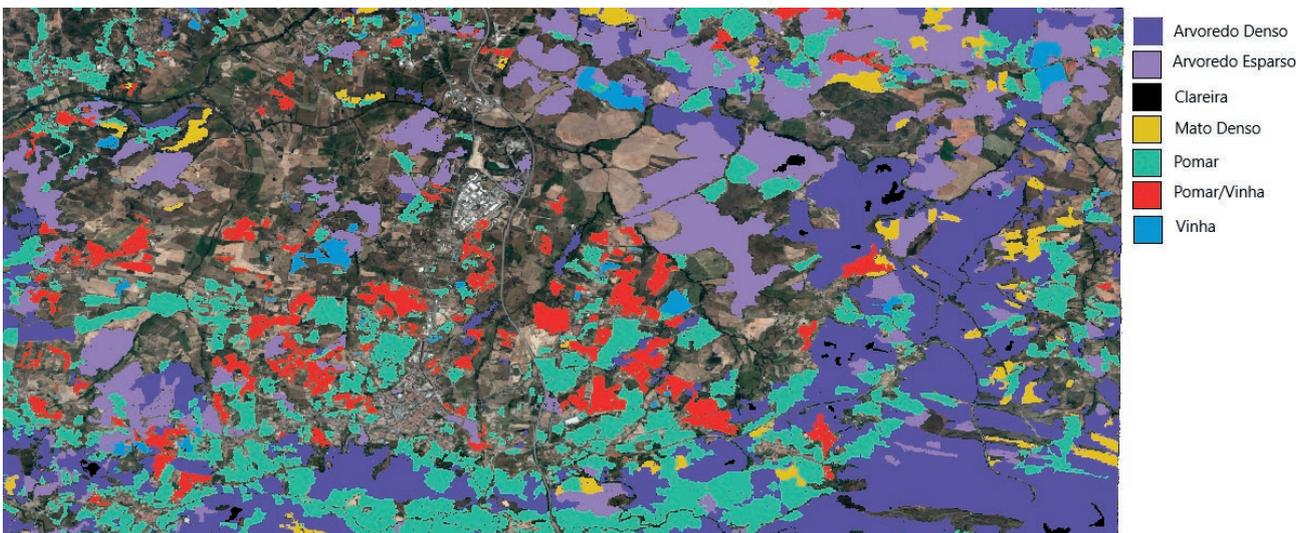


Figura 5 - Produto raster resultante da classificação automática usando metodologia de séries temporais e classificador *XGBoost*

No estudo da Figura 5 e a sua subsequente comparação com a Figura 4 podemos observar que as imagens são muito idênticas na sua classificação, reforçando e salientando o bom desempenho que esta metodologia teve na classificação de vegetação permanente. Existem, no entanto, algumas áreas a serem melhoradas pois ainda existe algum ruído em zonas de vegetação pertencentes a classes minoritárias.

Esta imagem representa um exemplo de um produto final resultante do algoritmo utilizado. Este é um produto *raster* com as mesmas características descritas em 2.1. Após a criação deste produto é ainda necessária a sua vectorização criando-se assim os *shapefiles* finais, que irão ser

Sentinel-1 e *Sentinel-2* e desenvolveram-se três classificadores que apresentam muito bons resultados nas técnicas de literatura, nomeadamente *XGBoost*, *Random Forest* e *Support Vector Machines*, utilizando diferentes abordagens de classificação.

Foram implementadas duas metodologias principais de classificação. Uma metodologia envolvendo apenas um produto de *Sentinel-1* e 2 da mesma data da classificação original ou com uma diferença temporal muito pequena. A segunda metodologia envolve o uso de séries temporais com *features* para a classificação, para isso foram utilizados diversos produtos de *Sentinel-1* e 2 de diversas datas ao longo dos anos de 2015 e 2016.

Numa avaliação inicial revelou-se que a utilização apenas um produto de *Sentinel-1* e *Sentinel-2* era insuficiente para se obter resultados suficientemente precisos, devido ao elevado desequilíbrio entre o número de amostras de diferentes classes provocando confusão significativa na classificação. Os classificadores *RF* e *XGBoost* apresentaram um desempenho muito semelhante sem grande diferenciação por parte de ambos.

Contrariamente, o classificador *SVM* revelou-se incapaz de lidar com um número tão elevado de dados, apresentando métricas muito inferiores aos seus classificadores concorrentes.

Consequentemente com o acréscimo significativo de dados na metodologia de séries temporais o classificador *SVM* foi desconsiderado.

Após a implementação e validação da metodologia de séries temporais, verificou-se uma melhoria muito positiva no desempenho dos classificadores nomeadamente o *XGBoost* que, apesar de ter um tempo muito superior para treino e classificação, apresenta métricas muito satisfatórias e que estão de acordo com os padrões do CIGeoE. Comparativamente com outros trabalhos de classificação automática de vegetação, este algoritmo apresenta resultados acima da média principalmente quando é considerada a diversidade de classes de vegetação que estão a ser estudadas nesta classificação.

Conclui-se, com este trabalho, que o algoritmo desenvolvido tem resultados muito satisfatórios nas regiões de estudo constituindo um primeiro passo muito importante na automatização da classificação automática da vegetação em Portugal. Com a implementação deste algoritmo na Cadeia de Produção do CIGeoE, todo o processo de aquisição e classificação da vegetação ficará muito mais célere, contribuindo deste modo para a diminuição do desfasamento temporal entre as fotografias aéreas e a disponibilização da informação aos utilizadores.

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHO FUTURO

- **Generalização Espacial** - Apesar de resultados muito promissores nestas regiões de estudo, após alguns estudos preliminares na generalização para áreas maiores revelaram-se obstáculos maiores na classificação de

vegetação permanente. Nomeadamente uma grande variabilidade nas classes do CIGeoE. Consequentemente um dos principais pontos de partida para melhorias futuras é conseguir-se obter uma classificação proveniente de generalização temporal aceitável.

- **Segmentação de Imagem** - Com segmentação de imagem pode-se, não só mitigar o problema de desequilíbrio de entre as classes, mas também reduzir o ruído provocado por uma classificação *pixel a pixel*. Por isto mesmo estudar um processo de segmentação das imagens é recomendado.
- **Produtos de Satélite com Maior Resolução Espacial** - Com maior resolução espacial será possível aumentar o número de amostras no geral, e possivelmente como consequência, diminuir a percentagem de dados para treino, como obter informação mais rica e mais fácil de catalogar e classificar.
- **Distinguir Estruturas Urbanas** - Será interessante utilizar estes classificadores para diferentes problemas ainda no contexto da Carta Militar como a distinção de estruturas urbanas ou artificiais, com o intuito de automatizar o máximo possível o processo de criação de cartas militares.
- **Utilização de *features* Adicionais** - Incluir *features* adicionais como texturas e modelos digitais do terreno no processo de classificação utilizando séries temporais. Devido à falta de memória RAM da máquina utilizada, não foi possível incluir estas *features* nesta classificação, no entanto estas *features* tiveram uma influência muito positiva na classificação temporal estática de vegetação e por isso será interessante o estudo destas mesmas *features* numa classificação de séries temporais.
- **Estudar as capacidades de generalização temporal dos classificadores** Caso a generalização espacial não tenha resultados satisfatórios, seria interessante estudar a capacidade que os classificadores teriam em generalizar a classificação treinando com imagens de um ano e classificando imagens de anos a seguir.

Centro de Informação **geoespacial** do Exército



Informação Geográfica

Cartas topográficas
Raster
Vetor
MDT



Escala 1:25 000
Escala 1:50 000
Escala 1:250 000
Escala 1:500 000



Serviços

SERVIR
CIGeoE-SIG
Web Service
App Cartas Militares



Imagem

Fotografia aérea
Plastificação
Impressão
Mapas personalizados



Publicações

Catálogos
Manuais



www.igeoe.pt



O CIGeoE

O presente artigo tem como objetivo dar a conhecer o trabalho desenvolvido pela Secção de Formação, abordando a missão, a composição orgânica em termos de recursos humanos e as suas principais linhas de ação.

É sobejamente conhecido que a Formação dos Quadros é um pilar fundamental no desenvolvimento de uma Organização, pois permite a obtenção de qualificações e aquisição de competências de cariz científico, tecnológico e cultural para o correto desempenho das suas funções, contribuindo desta forma para atingir os objetivos superiormente definidos.

A formação no CIGeoE, assume atualmente especial importância, cumprindo o duplo objetivo de contribuir para o desenvolvimento pessoal e profissional dos colaboradores (Militares e Civis) e, conseqüentemente contribuir para a melhoria do desempenho organizacional.

Esta formação, essencialmente técnica, abrange um conjunto de atividades que visam a aquisição de conhecimentos, perícias, atitudes e formas de comportamento permitindo desenvolver Quadros com competências para o cumprimento das suas tarefas, concorrendo desta forma para cumprir os objetivos inerentes à missão do CIGeoE que, na sua maioria, estão relacionados com a produção cartográfica. A compreensão de que esta dupla vertente (qualificação do homem - cumprimento da missão) é indissociável, e que apenas a sua articulação sistémica permitirá atingir os patamares qualitativos atrás referidos, leva-nos a pensar que, quanto maior for a qualificação (e conseqüente a competência) dos seus Quadros, mais eficaz e eficiente será a tomada de decisão das chefias, pois a autonomia inerente à qualificação, proporcionará uma maior disponibilidade para a tomada de decisão.

Para além da formação dos seus Quadros, o CIGeoE, proporciona ainda formação em contexto de trabalho a alunos estagiários de universidades e de escolas profissionais com quem estabeleceu parcerias. Este tipo de formação permite aos alunos uma maior aproximação entre os trabalhadores e a sua realidade profissional, compreendendo todas as competências necessárias para o desempenho da profissão.

Missão

A Secção de Formação do Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), depende hierarquicamente da Repartição de Formação e Certificação (RFC) e tem como principal missão o planeamento e a coordenação de toda a formação que se realiza no CIGeoE bem como em outros organismos militares e civis, nacionais e internacionais.

FORMAÇÃO

e a Formação

Recursos Humanos

O Quadro Orgânico (QO) do CIGeoE (07.03.01), aprovado em 21abr17, por despacho de Sua Exa. o Gen CEME, Figura 1, prevê para a Secção de Formação um efetivo de cinco elementos, três dos quais em acumulação de funções.

Atualmente, face às dificuldades em recursos humanos que, são transversais a todas as U/E/O do Exército, apenas duas das funções previstas no QO estão ocupadas: a função de Chefe da Secção (acumula com a função de Chefe da Secção de Operações, Informações e Segurança) e a função de Sargento de Formação.

Fernando Martinho

Tenente-Coronel de Artilharia
Centro de Informação Geoespacial do Exército
fmartinho@igeoe.pt

Carlos Lopes

Sargento-Chefe do Serviço Geral do Exército
Centro de Informação Geoespacial do Exército
secform@igeoe.pt



RESERVADO

CENTRO DE INFORMAÇÃO GEOESPACIAL DO EXÉRCITO					07.03.01				
Nº Refª Subunidade / Orgão	Nº Ord	Cargo	Posto	Pessoal					Notas
				Quadro Especial / Área Funcional Especialidade / Categoria / Carreira (QE / AF / Esp / Cat / Car)	Oficiais	Sargentos	Preços	Civis	
05.02		SECÇÃO DE FORMAÇÃO							
	107	Chefe	Maj	QQA	(1)				(3)(28)
	108	Oficial Adjunto	Cap	QQA	(1)				(3)(29)
	109	Sargento de Formação	SAj	QQAS		1			
	110	Sargento Adjunto	1Sarg	QQAS		(1)			(3)
	111	Assistente Administrativo		Assist Tecn				1	
		Secção de Formação		Soma	0	1	0	1	

Figura 1 - Extrato do Quadro Orgânico do CIGeoE (07.03.01)

A Formação¹

A formação assume-se, inequivocamente, como uma área nobre no contexto das atividades desenvolvidas por qualquer instituição, englobando as atividades relacionadas com o desenvolvimento ou o aperfeiçoamento de conhecimentos e competências tendo em vista o desempenho de cargos ou funções.

No caso específico do CIGeoE a formação é desenvolvida essencialmente em duas vertentes: formação ministrada pelo CIGeoE, no âmbito da sua área de especialidade, e a formação ministrada por entidades exteriores ao CIGeoE, destinada a complementar a formação dos seus colaboradores, e que poderá ocorrer ou não nas suas instalações.

CIGeoE - Pólo de Formação da Escola das Armas

Enquanto Pólo de Formação da Escola das Armas (EA), o CIGeoE elabora a calendarização de todos os cursos a serem por si ministrados. Essa calendarização é posteriormente enviada à EA, normalmente durante o mês de Agosto (ano anterior) que, posteriormente a encaminha para a Direção de Formação (DF) com o objetivo de a integrar no Plano de Formação Contínua (PFC) do Exército.

A formação ministrada no CIGeoE no âmbito da sua área de atividade, assume um papel de grande relevo, pois permite desempenhar a nobre missão de formar quadros de outras U/E/O e do próprio CIGeoE, sendo também uma forma de recrutamento de especialistas para integrar a cadeia de produção do CIGeoE.

Cursos ministrados pelo CIGeoE, no âmbito do PFC do Exército

Curso de Informação Cartográfica:

Destinado a Oficiais e Sargentos do QP, este curso tem a duração de 15 dias úteis de formação (DUF) e pode ser considerado um curso de transição já que, o mesmo visa desenvolver competências e habilitar os formandos com as conhecimentos e valências necessárias para a frequência dos cursos de Topografia, Fotogrametria e Cartografia Digital.



Figura 2 - Encerramento do Curso de Informação Cartográfica 2020

Curso de Cartografia Digital:

Destina-se a Oficiais e Sargentos do QP, que previamente tenham concluído com aproveitamento o Curso de Informação Cartográfica. Este curso tem a duração de 87 DUF e visa desenvolver competências e habilitar os formandos com os conhecimentos adequados para o desempenho de funções na

¹ Neste artigo a palavra "formação" é utilizada no seu sentido lato, já que no seu sentido estrito, no Exército, o Sistema de Instrução é dividido em três componentes: Ensino, Formação e Treino.

cadeia de produção nas vertentes da Validação, Edição e Saída de Dados. A frequência deste curso implica a colocação dos formandos no CIGeoE após a sua conclusão, ficando na situação de inamovibilidade pelo período de dois anos que, poderão ser prorrogáveis por mais um ano (2+1).



Figura 3 - Encerramento do Curso de Cartografia Digital 2020 - Imposição de Distintivos

Curso de Topografia:

Destina-se a Oficiais e Sargentos do QP, que previamente tenham concluído com aproveitamento o Curso de Informação Cartográfica. Tem a duração de 87 DUF e visa desenvolver competências e habilitar os formandos com os conhecimentos adequados para o desempenho de funções na cadeia de produção, concretamente nas vertentes da completagem e apoio topográfico. A frequência deste curso implica a colocação dos formandos no CIGeoE após a sua conclusão, ficando na situação de inamovibilidade pelo período de dois anos que, poderão ser prorrogáveis por mais um ano (2+1).

Curso de Fotogrametria:

Destina-se a Oficiais e Sargentos do QP, que tenham concluído com aproveitamento o Curso de Informação Cartográfica. Tem a duração de 87 DUF e visa desenvolver competências e habilitar os formandos com os conhecimentos adequados para o desempenho de funções na cadeia de produção, concretamente na aquisição de dados através da restituição fotogramétrica. A frequência deste curso implica a colocação dos formandos no CIGeoE após a sua conclusão, ficando na situação de inamovibilidade pelo período de dois anos que, poderão ser prorrogáveis por mais um ano (2+1).

Curso de Interpretação de Imagem:

Destina-se a Oficiais do QP (Sub/Cap/Maj/TCor

QAS), Sargentos do QP (2Sarg/1Sarg/SAj/SCh QAS), podendo ser frequentado também por pessoal das Forças Militarizadas e de Segurança, bem como por Civis com formação superior que estejam ligados a atividades de interpretação de imagem no âmbito da segurança e/ou defesa. O Curso tem a duração de 60 DUF e visa desenvolver competências e habilitar os formandos com os conhecimentos adequados para a utilização de meios tecnológicos e metodologias de exploração de informação, no âmbito da interpretação e processamento de imagem assim como, saberes transversais nesta área do conhecimento geoespacial.

Face aos rigorosos critérios de qualidade e às exigências de recursos para ministrar este curso, foi decidido que apenas se realiza de dois em dois anos.

Curso de Exploração de Informação Geoespacial em Operações:

Destina-se a Oficiais e Sargentos QP e RC/RV, existe ainda a possibilidade de ser frequentado por Oficiais e Sargentos de outros ramos da Forças Armadas e elementos de outras entidades quando superiormente autorizado. O curso tem a duração de cinco DUF e visa desenvolver competências e habilitar os formandos com os conhecimentos adequados, para a utilização de geoportais na visualização, integração, partilha e análise de dados geográficos, com especial destaque para a exploração de informação geoespacial em operações. Realizam-se anualmente três a quatro edições deste curso.

Estágios curriculares de formação prática em contexto de trabalho

O CIGeoE tem acolhido ao longo dos anos, alunos de diversas escolas de ensino secundário e superior para a realização de diversos estágios curriculares, não remunerados, de formação prática em contexto de trabalho. A escolha do CIGeoE para estes fins, constitui-se numa clara demonstração de reconhecimento público da sua credibilidade na vertente geoespacial.

Este enquadramento de formação prática em contexto de trabalho torna-se fulcral para a promoção da empregabilidade. Proporciona a transferência de conhecimentos dos colaboradores do CIGeoE para os formandos (estagiários), criando uma motivação e um apoio operacional aos colaboradores, assim como, simultaneamente, um aumento das competências dos próprios formandos. Adicionalmente, permite aos formandos o contacto com a realidade organizacional do CIGeoE.

Alguns exemplos dos mais recentes Estágios realizados no CIGeoE:

1. Estágio constituído por quatro alunos do Curso Profissional Técnico de Desenho Digital 3D da Escola Básica e Secundária Padre Alberto Neto – Queluz. Dois alunos ficaram sob orientação técnica da Secção de Fotografia Cartográfica (SFCart) do Departamento de Disponibilização de Informação Geográfica (DDIG), da Repartição de Documentação Geográfica Militar (RDGM) e os outros dois, sob orientação técnica da Secção de Gestão da Informação (SGI) do Departamento de Informática e Gestão da Informação (DIGI), da Repartição de Desenvolvimento e Gestão da Informação (RDGI).
2. Estágio constituído por dois alunos do Curso Profissional Técnico de Desenho Digital 3D oriundos da Escola Básica e Secundária Padre Alberto Neto – Queluz, sob orientação técnica da Secção de Gestão da Informação (SGI) do Departamento de Informática e Gestão da Informação (DIGI), da Repartição de Desenvolvimento e Gestão da Informação (RDGI).
3. Estágio constituído por três alunos do 2º ano do Curso Profissional Técnico de Desenho Digital 3D, provenientes da Escola Básica e Secundária Padre Alberto Neto – Queluz. Um dos alunos foi colocado sob orientação técnica da Secção de Pré-Processamento Digital (SPDig) do Departamento de Controlo e Saída de Dados, da Repartição de Produção Cartográfica, e os outros dois foram colocados sob orientação técnica da Secção de Fotografia Cartográfica (SFCart) do Departamento de Disponibilização de Informação Geográfica (DDIG), da Repartição de Documentação Geográfica Militar (RDGM).



Figura 4 - Encerramento de Estágio de Alunos da Escola Básica e Secundária Padre Alberto Neto-Queluz

4. Estágio constituído por três alunos do 2º ano do Curso de Aprendizagem de Técnico de Informática/Sistemas da Escola do Comércio de Lisboa. Dois alunos foram colocados sob orientação técnica da Secção de Gestão da Informação (SGI) do Departamento de Informática e Gestão da Informação e um sob orientação técnica do Departamento de Conceção e Desenvolvimento (DCD), ambos da Repartição de Desenvolvimento e Gestão da Informação (RDGI).
5. Estágio constituído por um aluno do 3º ano da Licenciatura em Geografia e Planeamento Regional, da FCSH/Universidade nova de Lisboa, orientado tecnicamente pela Secção de Fotogrametria do Departamento de Aquisição de Dados, da Repartição de Produção Cartográfica.
6. Estágio constituído por uma aluna do Mestrado em Gestão do Território, da FCSH/Universidade Nova de Lisboa, sob orientação técnica da Secção de Fotogrametria e da Secção de Detecção Remota do Departamento de Aquisição de Dados, da Repartição de Produção Cartográfica.

Para além destes alunos estagiários, o CIGeoE ainda acolhe os Oficiais-alunos dos mestrados em Engenharia Geoespacial e Mestrados em Engenharia Informática que, procuram orientar as suas teses finais de curso para soluções de otimização de processos da cadeia de produção do CIGeoE.

Formação ministrada por organismos exteriores ao CIGeoE

Este tipo de formação, tem essencialmente origem numa das seguintes formas:

Plano de formação Contínua (PFC) do Exército

O PFC espelha as necessidades de formação de todas as U/E/O, para as diversas áreas do conhecimento de natureza militar. De igual modo, o CIGeoE procura sempre cativar vagas na amplitude do espectro do conhecimento militar tendo em conta as funções que desempenham ou que possam vir a desempenhar no futuro. Para isso, são analisadas previamente os *currícula* de cada militar e consultados os Chefes das várias repartições assim como o Comandante da Unidade de Apoio Geoespacial, no sentido de se encontrarem os cursos mais adequados aos seus colaboradores. Estas manifestações de necessidades são concretizadas através do seu lançamento/registo no

Sistema de Controlo de Atividades de Formação do Exército (SCAFE) pela Secção de Formação.

Neste âmbito e como exemplos mais recentes, foram frequentados por colaboradores do CIGeoE os seguintes cursos:

- a. Higiene e Segurança Alimentar (ESSM);
- b. *CISCO Certified Network Associate* (CCNA) – Security (RT);
- c. Segurança Militar – Sargentos (CSMIE);
- d. Base de Dados (EA) – duas edições;
- e. Multimédia *Webmaster* (EA);
- f. Material e Segurança Cripto – Praças RV/RC (RT);
- g. *IT Essentials* (RT);
- h. Formação Pedagógica Inicial de Formadores (EA);
- i. Comandante/Diretor/Chefe (AM);
- j. CIMIC Nível Tático (EA);
- k. Operador Prevenção Comportamentos Aditivos e Dependências (UEFISM/ESSM);
- l. Material e Segurança Cripto – Oficiais e Sargentos (EA);
- m. Informações de Fontes Abertas – Oficiais e Sargentos (EA).
- n. Instrutor de Educação Física Militar (EA) – Interrompido em 20marzo devido à pandemia da Covid-19;
- o. Segurança Militar – Sargentos (CSMIE);
- p. 3º Curso de Informação Geoespacial em Operações/2020 (CIGeoE – realizado nas instalações da Direção de Formação);
- q. Biblioteca, Arquivo e Documentação (ES);
- r. Prevenção de Riscos Psicossociais (CPAE).

Formação no âmbito do Plano de Missões ao Estrangeiro (PME)

Este tipo de formação, permite satisfazer necessidades de formação específicas baseada na experiência de outros organismos congéneres de países nossos aliados e, considerados como referência nas diversas áreas do saber das ciências geoespaciais. Esta formação específica, poderá contribuir significativamente para otimizar o desempenho técnico profissional dos nossos militares que desempenhem tarefas na cadeia de produção. A formação, poderá ainda ser orientada para o nivelamento de conhecimentos ao nível da estrutura operacional, da estrutura de Forças na obtenção de técnicas, táticas e procedimentos (TTP) permitindo desta forma desenvolver funções de apoio geoespacial de forma mais eficiente a Organismos como a NATO ou União Europeia.

Neste âmbito e como exemplo mais recente, foi frequentado em 2019, o Curso M2-48 NATO Geospatial Orientation Course, realizado na NATO School, em Oberammergau, na Alemanha.

Para 2020 estavam planeadas duas ações de formação no estrangeiro inscritas no PME2020, os cursos N2-96 *NATO Imagery and IMINT Staff Course*, na NATO School em Oberammergau, na Alemanha e o curso de *Introduction to Geospatial Intelligence* (GEOINT), no Centro de Satélites da União Europeia em Madrid, Espanha. No entanto, face à situação que vivemos devido à pandemia de COVID-19, foram ambos cancelados.

Formação no âmbito do Ensino Superior

A formação universitária constitui uma das necessidades de formação mais importantes para o CIGeoE uma vez que, o seu QO prevê num universo de 49 Oficiais, 35 com formação superior nas áreas de Engenharia Informática e Engenharia Geoespacial. Este tipo de formação visa criar profissionais altamente qualificados para o desempenho dos cargos mais relevantes e de maior responsabilidade na estrutura orgânica do CIGeoE (Chefia de Repartição, Departamento e Secção), assim como garantir o provimento de outros cargos, como é o caso do Comando da Unidade de Apoio Geoespacial (UnApGeo) e a participação capacitada em diversos grupos de trabalho e comissões, tanto a nível nacional como internacional.

Para atingir este objetivo, o CIGeoE, por regra, solicita superiormente e todos os anos a abertura de vagas, destinadas a Oficiais do QP, para a frequência da Licenciatura em Engenharia Geoespacial e posterior Mestrado (a realizar na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) e do Mestrado Integrado em Engenharia Informática (a realizar na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa).

Os candidatos à frequência dos referidos cursos têm que obedecer a um conjunto de requisitos e são sujeitos a um processo de seleção baseado na análise dos documentos apresentados bem como numa entrevista preliminar efetuada por um júri proposto pelo Exmo. Diretor do CIGeoE.

Durante a frequência dos cursos, os militares são colocados administrativamente na Academia Militar (AM), na situação de “não deslocados”, mantendo-se o CIGeoE como a unidade técnica responsável pelo acompanhamento dos alunos em termos académicos. Após a sua conclusão, os Oficiais são colocados no CIGeoE, ficando na situação

de inamovibilidade por um período de cinco anos, prorrogáveis por mais dois anos (5+1+1).

Atualmente estão sete Oficiais a frequentar cursos superiores nestas circunstâncias: três na Licenciatura em Engenharia Geoespacial e posterior Mestrado, e quatro no Mestrado Integrado em Engenharia Informática, distribuídos por vários anos letivos.

Formação suportada financeiramente pelo CIGeoE e formação resultante de parcerias

Sendo a formação dos seus colaboradores uma preocupação constante da Direção do CIGeoE, de forma a mantê-los motivados e altamente preparados para o desempenho das suas funções, resolve assumir anualmente uma parte da despesa dessa formação, utilizando para o efeito algumas das suas verbas próprias (contabilmente designadas por Despesas Com Compensação em Receitas-DCCR), ou procurando, através de parcerias, a obtenção de condições vantajosas para a realização de formações.

Em relação a parcerias nesta área, há que destacar, a colaboração do CIGeoE com a NaturalGIS e com os Bombeiros Voluntários de Sacavém.

A parceria com a NaturalGIS, assenta essencialmente na disponibilização por parte do CIGeoE de sala de aulas e todas as condições otimizadas para ministrar uma formação de qualidade, e em troca tem permitido ao CIGeoE a frequência de formações de forma gratuita ou beneficiando de descontos.

No âmbito desta parceria, durante o ano de 2019 foram realizadas no CIGeoE as seguintes formações:

- Produção Cartográfica com QGIS (frequentada sem custos por 2 formandos e com um desconto de 20% por 7 formandos);
- Desenvolvimento de Extensões em Python para QGIS (pyQGIS) (frequentada sem custos por 1 formando).

A parceria com os Bombeiros Voluntários de Sacavém, tem permitido a frequência de forma totalmente gratuita pelos colaboradores do CIGeoE de formações no âmbito da prestação de cuidados de socorro e de natureza sanitária. Inicialmente com a formação em “Meios de 1ª Intervenção” e em “Suporte Básico de Vida”, e atualmente, em “Suporte Básico de Vida com Desfibrilhação Automática Externa”, formação esta que, se iniciou em 2019, tendo já sido realizadas três sessões que per-



Figura 5 - Formação de Suporte Básico de Vida com Desfibrilhação Automática Externa

mitiram a formação de 24 elementos do CIGeoE. Como contrapartida o CIGeoE disponibiliza vagas para a frequência do Curso de Informação Cartográfica (CIC) por parte de elementos dos Bombeiros Voluntários de Sacavém.

Foram ainda realizados durante o ano 2019 os seguintes cursos, nas instalações das respetivas entidades formadoras, e que foram totalmente financiados pelas DCCR do CIGeoE:

- Curso de Pré-impressão, na Flag;
- Curso *Advanced Python Mastery*, na Galileu;
- Curso Construção de *Geodatabases*, na Esri.

Nota: além dos vários tipos de formação anteriormente mencionados, a formação dos colaboradores do CIGeoE poderá ainda ter origem, embora com menor expressão, na participação em Congressos e Seminários no país e no estrangeiro, em cursos de promoção, ou eventualmente em formações fora do ramo no âmbito do PFA do Exército.

Conclusões

É essencial perceber que as competências dos colaboradores são, por analogia, as qualidades da Organização.

Perante um cenário cada vez mais dinâmico e exigente, as organizações devem encontrar novas soluções que garantam a longevidade e o crescimento do “saber” e, conseqüentemente do “negócio”.

Desta forma, potenciar competências, significa dar a oportunidade para que um colaborador se desenvolva dentro de uma tarefa ou cargo em que

o seu perfil produtivo seja mais adequado. Esta situação está implicitamente ligada aos processos da gestão da Qualidade em que o perfil de competências do colaborador deve ser bem estruturado e as necessidades de formação, bem definidas. O CIGeoE como órgão certificado preocupa-se com esta realidade e está empenhado no desenvolvimento de competências que, embora implique investimento, tem como objetivo a obtenção de importantes retornos para a organização.

Sendo a participação em ações de formação condição essencial para o progresso das organizações no sentido da excelência profissional, o CIGeoE irá continuar, por isso mesmo, a contribuir em permanência para a formação dos seus colaboradores e também dos colaboradores de outras U/E/O que neste Centro frequentem cursos no âmbito do PFC do Exército, utilizando para o efeito, de forma criteriosa, todos os seus recursos humanos e materiais disponíveis, muitas vezes escassos tendo em conta os objetivos a atingir, no entanto sem nunca se olhar a sacrifícios, dando sempre razão à divisa “Honra, Valor e Fama”.

Referências bibliográficas

- Manual Didático (MD) 240-01 Qualidade da Formação do Sistema de Formação do Exército (SFE);
- Ficha de Apresentação de Curso (FAC), dos cursos ministrados no CIGeoE;
- PDE 7-00 Sistema de Instrução do Exército - Ensino, Formação e Treino.

NOTÍCIAS

do CIGEOE

■ Visitas e Eventos

Dia do CIGeoE

Realizaram-se a 25 de novembro de 2019, as comemorações do 87.º Aniversário do Centro de Informação Geoespacial do Exército



(CIGeoE). A cerimónia foi presidida pelo Exmo. Quartel-Mestre-General (QMG) e Comandante da Logística, Tenente-General João Manuel

Lopes Nunes dos Reis. O programa das comemorações iniciou-se com o hastear da Bandeira Nacional, seguido de uma sessão solene que incluiu uma alocução do Diretor do CIGeoE, o Exmo. Coronel de Artilharia Hélder António da Silva Perdigão, uma palestra subordinada ao tema “Transformação Digital no Exército: automatização do estudo do espaço de batalha pelas informações” pelo Major de Infantaria João Afonso, uma intervenção do Excelentíssimo Tenente-General QMG e a imposição de condecorações a militares e um civil do CIGeoE. Seguiu-se ao lançamento de um livro sobre a história da cartografia da Madeira, intitulado “Ad Occidentem Solem - Na rota do sol-poente” sob a coordenação

da Professora Doutora Maria Helena Dias e a inauguração de uma exposição relacionada com a nova edição do Boletim do CIGeoE, que visa apresentar alguns produtos e serviços que são ímpares no apoio à comunidade civil, conjuntamente com apresentações de rigor técnico-científico relacionadas com as ciências geoespaciais.



Festa de Natal 2019

No dia 18 de dezembro de 2019, o CIGeoE realizou a já tradicional festa de Natal, que contou com a participação de todos os colaboradores, bem como das suas famílias.



Visita do Presidente da Câmara Municipal de Loures

O CIGeoE recebeu a 03 de fevereiro de 2020 a visita do Presidente da Câmara Municipal de Loures, Dr. Bernardino Soares, tendo dado a conhecer as suas atividades e capacidades mais significativas, bem como as possibilidades e contributos que a informação geoespacial pode dar ao apoio militar de emergência e à proteção e bem-estar das populações.



Visita do Agrupamento de Escolas de Vendas Novas

O CIGeoE recebeu no dia 17 de fevereiro de 2020 a visita de 37 alunos do 11.º ano e três professores do agrupamento de Escolas de Vendas Novas.

Estes alunos, que pertencem ao curso de Ciências e Tecnologias, tiveram a oportunidade de visitar toda a cadeia de produção, visualizar a simulação dos efeitos do rebentamento de uma barragem e terminaram a visita no observatório astronómico.



Visita de dois professores da Nova IMS de Lisboa

No dia 18 de fevereiro de 2020, o CIGeoE recebeu a visita de dois professores da Nova *Information Management School (IMS)* de Lisboa.

A visita teve como objetivo dar a conhecer as atividades e valências mais significativas do CIGeoE, tendo incidido sobre as várias etapas da cadeia de produção cartográfica, os projetos nacionais e internacionais, bem como as atividades de apoio operacional militar.



Visita de uma delegação da NGA dos EUA

O CIGeoE recebeu no dia 20 de fevereiro de 2020, uma delegação da *National Geospatial Intelligence Agency (NGA)* dos Estados Unidos da América, constituída por quatro elementos, que teve como objetivo principal, discutir e elaborar o novo Memorando de Entendimento (MoU) sobre partilha de informação geoespacial.



Visita do TGEN QMG aos trabalhos de campo do CIGeoE

Realizou-se em 03Mar20, em Idanha-a-Nova, uma visita do Exmo. TGen QMG e Comandante da Logística às equipas topográficas

que se encontravam em trabalhos de campo.

Esta campanha tem por objetivo completar a informação geoespacial adquirida por métodos fotogramétricos. Os trabalhos de campo têm uma duração de seis semanas onde os Topógrafos Chefes de Equipa têm a responsabilidade de, entre outros trabalhos, efetuar atualização do cadastro militar, confirmar a situação dos vértices geodésicos, verificar e atualizar a informação toponímica e esclarecer as dúvidas levantadas durante a fase de restituição fotogramétrica. Esta fase da cadeia de produção é essencial para garantir a qualidade e rigor da informação produzida.



Reunião de trabalho com o Centro homólogo do Exército Espanhol sobre assuntos da fronteira terrestre entre os dois países

No âmbito da Comissão Internacional de Limites do Ministério dos Negócios Estrangeiros realizou-se, em 1 de julho de 2020, a reunião de avaliação da campanha de 2019 e de preparação

da campanha de 2020 de manutenção dos marcos da fronteira Luso-Espanhola.

As delegações de Portugal e Espanha, chefiadas pelos respetivos Diretores reuniram-se por videoconferência, como consequência da pandemia de COVID-19, para efetuarem um balanço das ocorrências detetadas durante a campanha realizada em 2019 e para prepararem a campanha de 2020. Em 2019, os trabalhos de verificação do estado dos marcos que definem a fronteira entre os dois Países, abrangeram 907 marcos (cerca de 1/6 dos marcos existentes). Para 2020 está planeado verificar 909 marcos, numa extensão de aproximadamente 250km.



Retoma dos trabalhos de campo pelas equipas do CIGeoE

Em 07 de setembro marcharam do CIGeoE para trabalhos de campo sete equipas topográficas materializando assim a retoma destes trabalhos após o confinamento imposto pela pandemia COVID-19. Estes trabalhos de campo apresentam duas naturezas distintas:

- Uma das equipas realizou trabalhos de verificação e manutenção dos marcos que materializam a fronteira com o Reino de Espanha. Estes trabalhos decorreram na

região compreendida a norte de Vinhais e a região de Barca d'Álva, terminando a 30 de outubro;

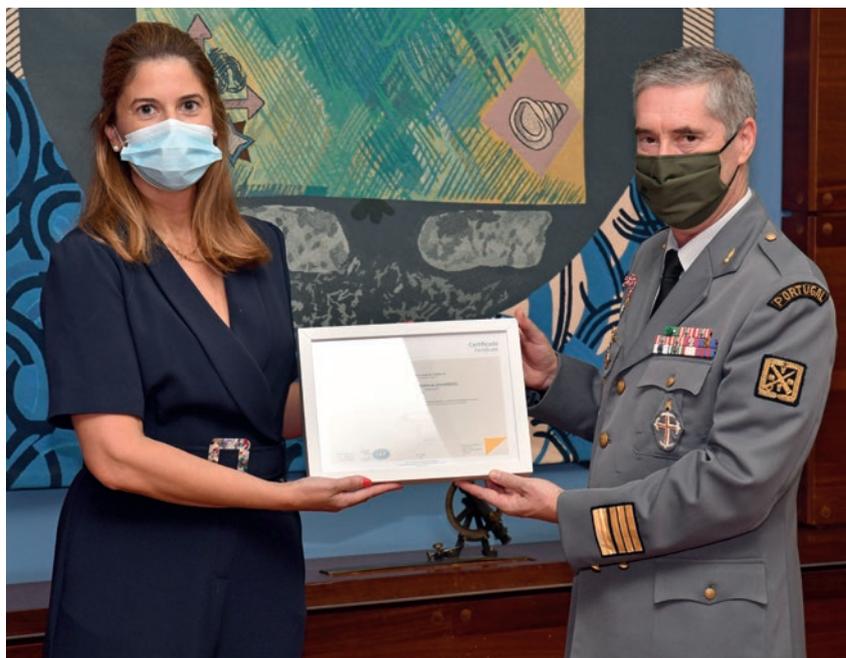
- As restantes seis equipas realizaram a segunda fase da campanha de completagem de 2020, na região da Beira Alta. Esta campanha decorreu de 07 de setembro a 16 de outubro. e teve por objetivo completar a informação geoespacial adquirida por métodos fotogramétricos em 12 folhas nas regiões compreendidas entre

Tondela e Guarda, tendo sido visitadas pelo Exmo. Diretor do CIGeoE a 7 de outubro em Rapoula do Côa, Sabugal.



Entrega de diplomas pela APCER

Em 25, 26 e 27 de maio de 2020, o CIGeoE foi objeto de uma Auditoria Externa pela Associação Portuguesa de Certificação (APCER) com vista à manutenção da certificação do seu Sistema Integrado de Qualidade, Ambiente e Segurança e Saúde no Trabalho. Decorreu a 25 de setembro de 2020, a cerimónia de entrega dos diplomas respeitantes à migração da norma OSHAS 18001 para a ISO 45001:2019, 2.º acompanhamento em Ambiente (ISO 14001:2015) e Qualidade (ISO 9001:2015), pela Diretora da Unidade de Certificação da APCER-Eng^a Raquel San Martin.



Visita do 14.º Curso de Segurança de Defesa para Jornalistas do IDN

Durante a manhã do dia 28 de outubro de 2020, o CIGeoE, acolheu a visita de estudo do Curso de Segurança de Defesa para Jornalistas do Instituto de Defesa Nacional (IDN), constituído por seis auditores e quatro formadores.



■ Cerimónias Internas

Durante o último ano foram homenageados vários militares e civis do CIGeoE, em cerimónia publica, por motivos vários:

- SMor Mat Júlio Peixoto, a 20 de dezembro de 2019, por passagem à situação de Reserva;



- AssTéc Ana Paula Santos e AssOp Maria Isabel Melo, a 14 de fevereiro de 2020, por passagem à situação de aposentaçãõ;



- AssOp Maria João Ferreira, a 20 de dezembro de 2019, pelos 25 anos de serviço prestados no CIGeoE;



- SCh Eng José Oliveira, a 29 de junho de 2020, por passagem à situação de reserva;



- Cor Art Vasco António, a 15 de janeiro de 2020, por ter sido nomeado por escolha para Comandante do RA5;



- Cerimónia de entrega de Diplomas de Louvores, a 29 de julho de 2020, a quinze militares e civis do CIGeoE, que se distinguiram ao longo dos anos de 2019 e de 2020;



- Cerimónia de Imposição de Condecorações, a 29 de junho de 2020, a cinco militares do CIGeoE:
 - TCor Inf, Manuel Alves dos Santos, Medalha D. Afonso Henriques - Mérito do Exército (2ª Classe);
 - Maj Art Pedro Miguel Russo Carvalho Dias, Medalha D. Afonso Henriques - Mérito do Exército (2ª Classe);
 - TCor Art Rui Francisco da Silva Teodoro, Medalha de Comportamento Exemplar (Grau Ouro);
 - SCh Mat Res. Jorge Lopes Cordeiro, Medalha de Comportamento Exemplar (Grau Ouro);
 - Sold RC Cláudio Miguel Pacheco, Medalha de Comportamento Exemplar (Grau Cobre).



- 1Sarg Cav Mário Magalhães, a 10 de julho de 2020, por motivo de transferência de Unidade;



- 1Sarg Eng Tiago Martins, a 01 de setembro de 2020, por motivo de transferência de Unidade;
- 1Sarg Mat Joaquim Dias e 1Sarg PesSec Liliana Magalhães, a 18 de setembro, por motivo de transferência de Unidade;



■ Formação

Durante o último ano, o CIGeoE, foi responsável por ministrar diversos Cursos e Estágios, os quais foram frequentados por militares e civis:

- Estágio enquadrado na Formação em Contexto de Trabalho (FCT), que decorreu no CIGeoE, no período de 17 janeiro a 21 de fevereiro de 2020, frequentado por três alunos provenientes da Escola Básica e Secundária Padre Alberto Neto. Este estágio visou a aquisição e o desenvolvimento de competências técnicas, relacionais, organizacionais e de gestão de carreira relevantes para a qualificação profissional a adquirir, para a inserção no mundo de trabalho e para a formação ao longo da vida.



- Curso de Informação Cartográfica, decorreu no CIGeoE de 03 de fevereiro a 21 de fevereiro de 2020 e foi frequentado por um capitão e quatro primeiros-sargentos oriundos do RA4, GCSAmadora, ArqGEx, EA e RA5.



- Curso de Cartografia Digital 2020, decorreu no CIGeoE de 27 de fevereiro a 31 de julho de 2020. Frequentaram o curso um capitão e quatro primeiros-sargentos. Este curso tem por objetivo capacitar os alunos com as competências necessárias para a produção de Cartografia.



- 3º Curso de Exploração de Informação Geoespacial em Operações (CEIGEO), que decorreu na Direção de Formação em Évora, entre 22 e 26 de junho de 2020, frequentado por cinco Oficiais e cinco Sargentos provenientes de várias U/E/O do Exército.



- Curso de Interpretação de Imagem 2020, teve início a 14 de setembro e tem *términus* previsto a 14 de dezembro de 2020, estando a ser frequentado por dois oficiais e seis sargentos de várias unidades do Exército. Este curso

tem por objetivo capacitar os formandos na interpretação de imagens binárias de satélite ou plataformas aéreas, por forma a extrair informação de valor que permita esclarecer a situação e interpretar indícios, de forma a facilitar a tomada de decisão dos comandos dos escalões onde estão inseridos.



- CIGeoE entrega Certificados de Estágios Profissionais ,realizou-se no dia 13 de Outubro de 2020, a cerimónia de entrega de certificados de estágios, a uma aluna do Mestrado em Gestão do Território da Universidade Nova de Lisboa e a três alunos do estágio de Técnico de Informática da Escola de Comércio de Lisboa.



■ Obituário

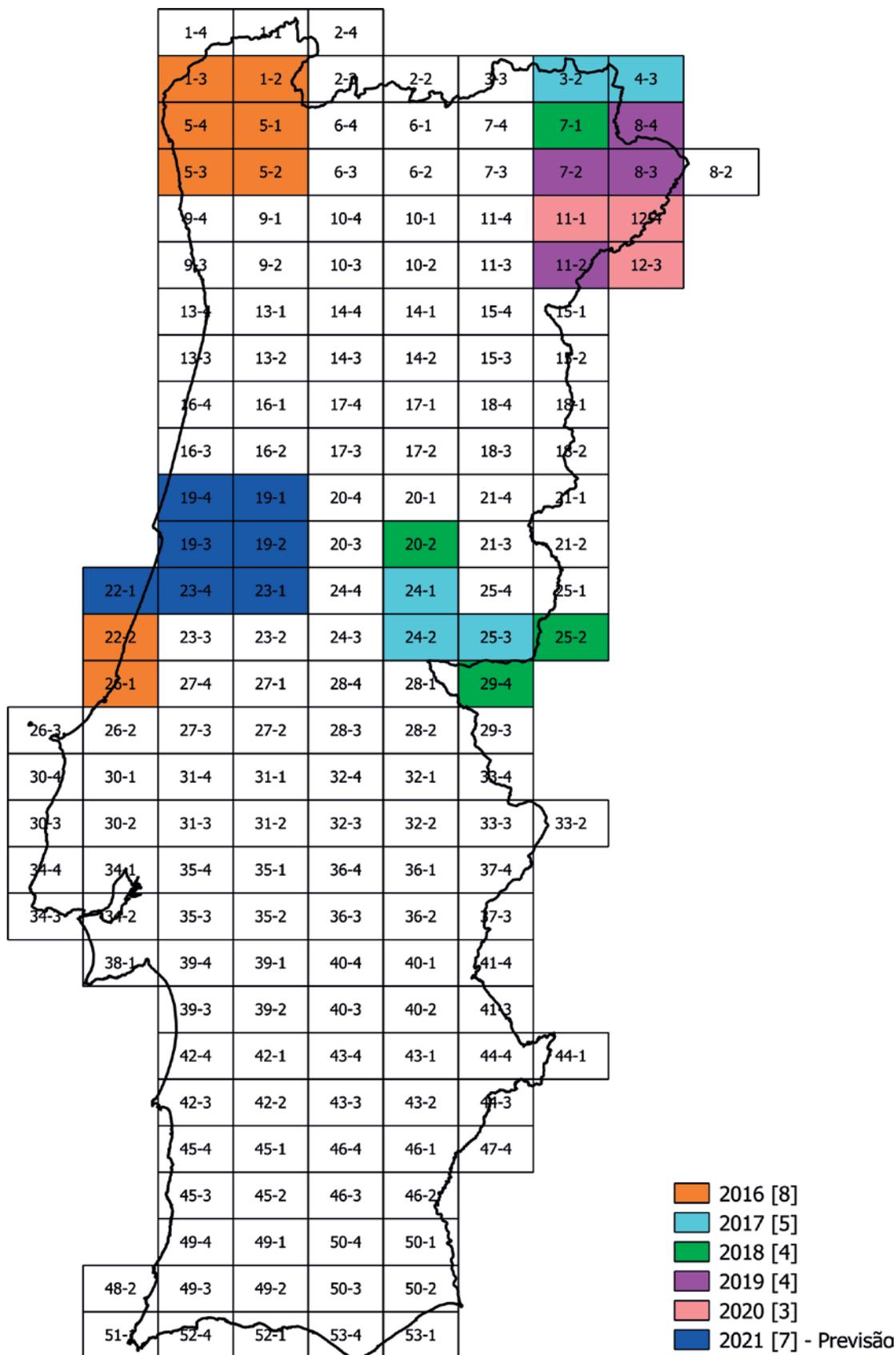
Foi com grande pesar que, a 25 de janeiro de 2020, o CIGeoE recebeu a notícia do falecimento da sua colaboradora TIG1 Anabela Gonçalves Mestre.

A Anabela Mestre apresentou-se no então Serviço Cartográfico do Exército em 06 de outubro de 1987 e foi sempre acompanhando de forma distinta todas as evoluções tecnológicas que

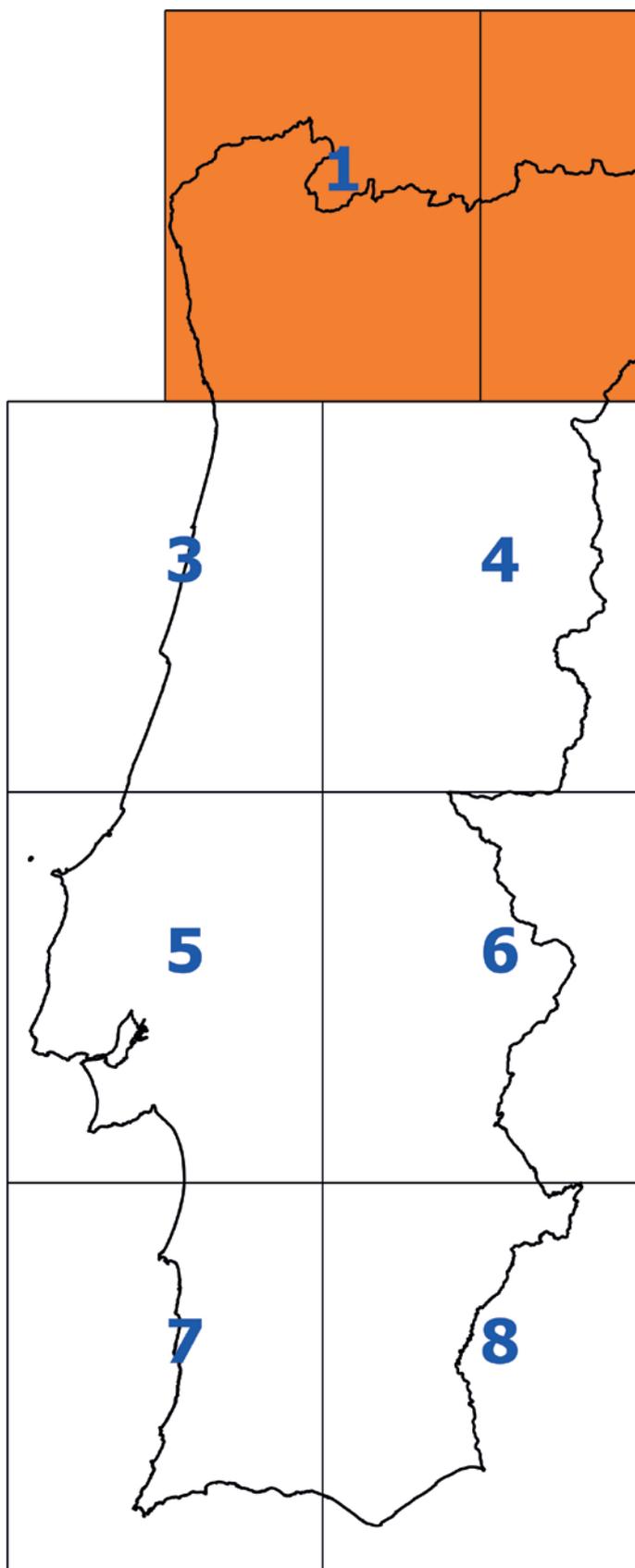
foram sendo implementadas. É de realçar todo o trabalho que desenvolveu como editora e revisora das várias séries cartográficas que, com a sua elevada competência e experiência técnica, disponibilidade e lealdade, contribuiu de forma muito significativa para a eficiência, prestígio e cumprimento da missão do CIGeoE.



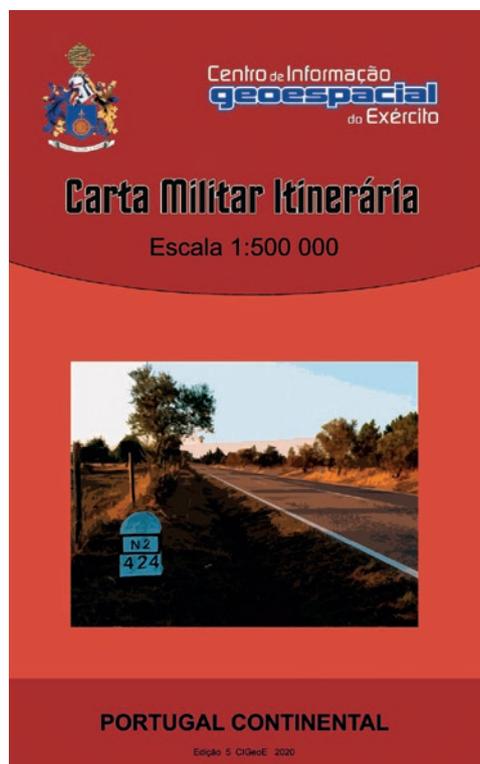
Carta Militar de Portugal, Série M783 - 1:50000 Continente
Novas edições 2016 | 2021



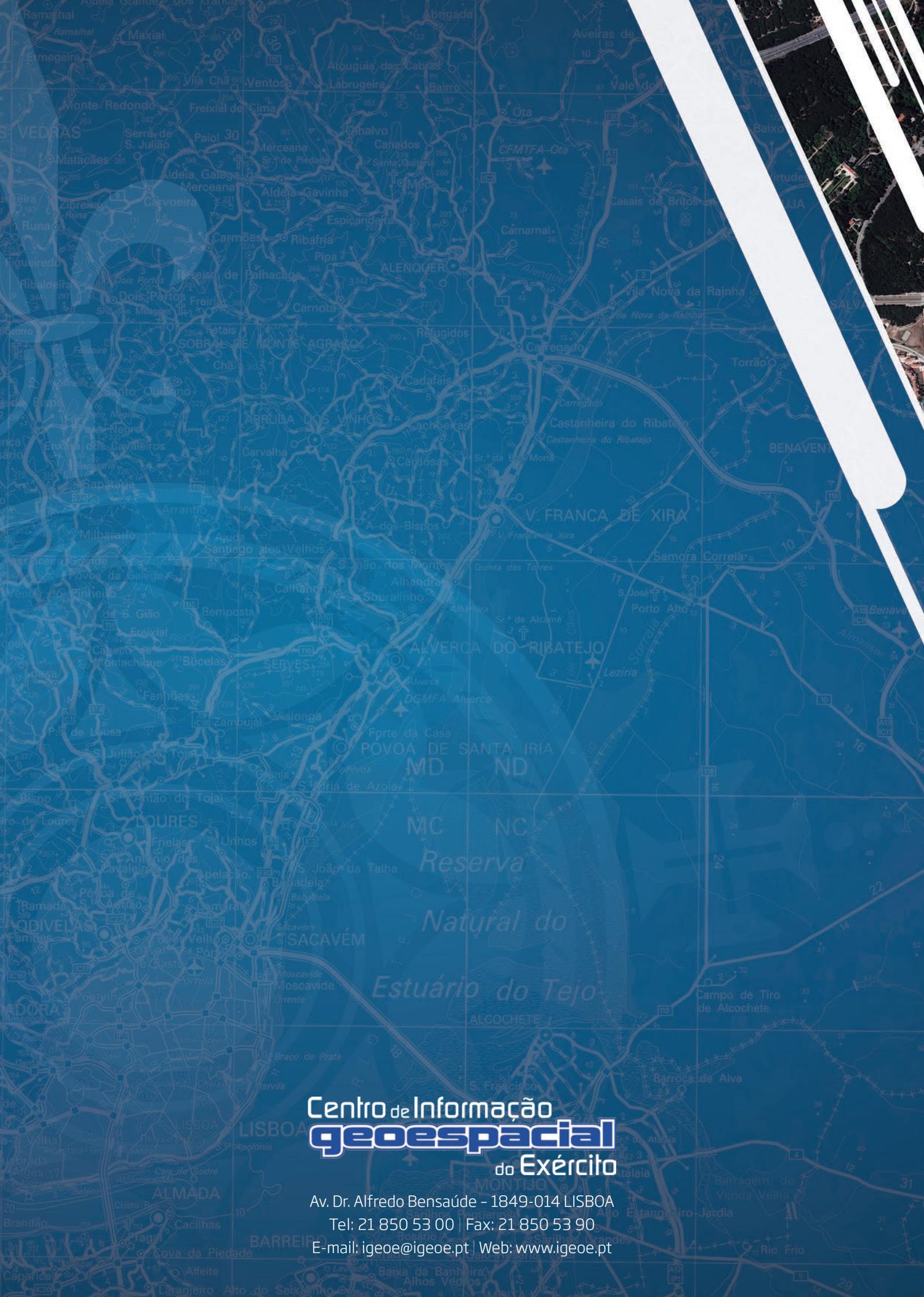
Carta Militar de Portugal, Série M586 - 1:250 000 Continente Novas edições 2020



Carta Militar Itinerária 1:500 000
Portugal Continental
5.ª Edição 2020



2020 [2]



Centro de Informação
geoespacial
do Exército

Av. Dr. Alfredo Bensaúde - 1849-014 LISBOA

Tel: 21 850 53 00 | Fax: 21 850 53 90

E-mail: igeoe@igeoe.pt | Web: www.igeoe.pt