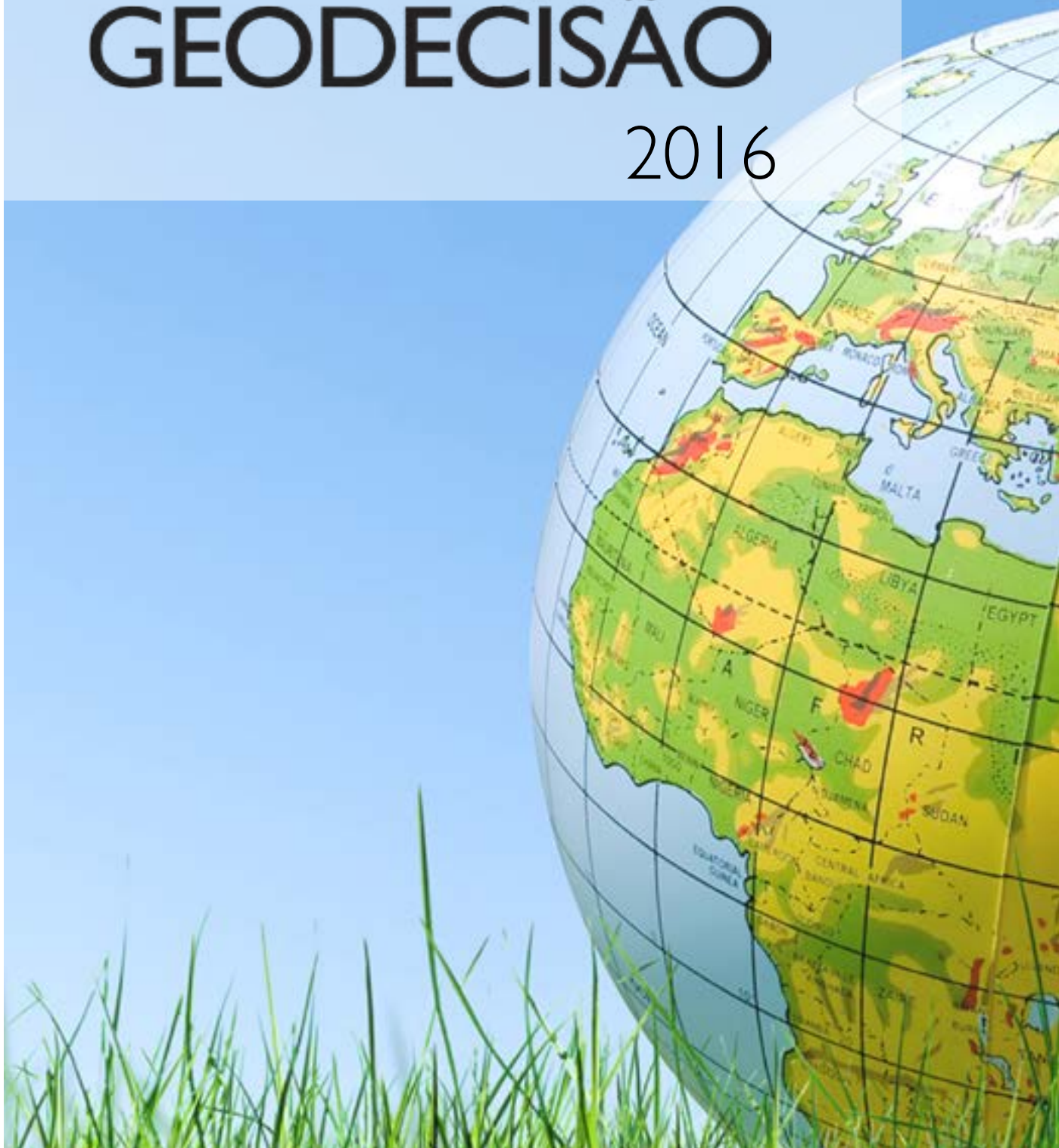


ATAS DA  
**CONFERÊNCIA  
NACIONAL DE  
GEODECISÃO**

2016



ATAS DA  
**CONFERÊNCIA**  
NACIONAL DE  
**GEODECISÃO**

2016

#### COMISSÃO CIENTÍFICA

Ana Fonseca [LNEC] - Presidente

Alexandra Fonseca [DGT]

Alexandre Gonçalves [IST-UL]

Ana Cláudia Teodoro [FC-UP]

Ana Paula Falcão [IST-UL]

Cédric Grueau [ESTS - IPS]

Cristina Catita [FC-UL]

Cristina Oliveira [ESTB-IPS]

Fernando Gil [NOVA IMS]

Gil Gonçalves [FCT-UC]

José Tenedório [FCSH-UNL]

Luis Cerqueira [ESTB-IPS]

Luísa Gonçalves [IPLeiria]

Luísa Pereira [ESTGA-UA]

Maria João Henriques [LNEC]

Mário Caetano [DGT]

Miguel Baio [ESTB-IPS]

Nuno Charneca [AMBISIG]

Paula Redweik [FC-UL]

Rita Anastácio [IPT]

#### COMISSÃO ORGANIZADORA

Cristiana Pereira

Edgar Barreira

Maria João Henriques

Miguel Baio

Rita Matildes

#### FICHA TÉCNICA

**TÍTULO** Atas da Conferência Nacional de Geodesição 2016

**EDITORES** Cristiana Pereira, Edgar Barreira, Maria João Henriques, Miguel Baio, Rita Matildes

**EDIÇÃO** Escola Superior de Tecnologia do Barreiro do Instituto Politécnico de Setúbal

**PRODUÇÃO GRÁFICA** Gi.COM-IPS – Gabinete de Imagem e Comunicação do Instituto Politécnico de Setúbal

**DATA** julho 2016

**TIRAGEM** Documento online

**ISBN** 978-989-99598-4-2

#### Patrocinadores



#### Apoio



#### Organização



©2016 Escola Superior de Tecnologia do Barreiro do Instituto Politécnico de Setúbal

Reservados todos os direitos de acordo com a legislação em vigor.

Os textos são da responsabilidade dos seus autores.

## ÍNDICE

- 5** Nota da Comissão Organizadora
- 6** O CONTRIBUTO DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA O CRESCIMENTO  
| José Pedro NETO
- 7** LIVETEAMS – GESTÃO DE EMERGÊNCIA ONLINE ADAPTADA AO CONTEXTO  
| Rafael BIZARRA, Armanda RODRIGUES
- 16** RECOLHA E TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO DE FORMA VOLUNTÁRIA (VGI) EM INCÊNDIOS FLORESTAIS, COM AS EQUIPAS DE RECONHECIMENTO E AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO (ERAS)  
| José GASPAR, Verónica CATARINO e Tiago MARINHO
- 24** TECNOLOGIA UAV NO APOIO À AVALIAÇÃO DO PERIGO DE INUNDAÇÃO  
| Paulo FERNANDEZ, Luisa GOMES PEREIRA, Sandra MOURATO e Madalena MOREIRA
- 34** A GEORREFERENCIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS COMO SUPORTE À GESTÃO DO SERVIÇO PÚBLICO  
| Rita ISIDRO
- 39** SISTEMA INTEGRADO DE MONITORIZAÇÃO E DE APOIO À GESTÃO E DECISÃO – CASO DE ESTUDO HERDADE DA CONTENDA  
| Lia DUARTE, Ana Cláudia TEODORO, Neftalí SILLERO, José Alberto GONÇALVES, João FONTE, Luís GONÇALVES-SECO, Luís Miguel PINHEIRO DA LUZ, Nuno dos SANTOS BEJA
- 48** ANÁLISE DA GEOGRAFIA DA VULNERABILIDADE E DA MUDANÇA NO SECTOR TURÍSTICO PORTUGUÊS  
| Raquel SARAIVA, João LUTAS CRAVEIRO
- 52** CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE MULTITEMPORAIS BASEADA EM OBJETOS E APURAMENTO SEMIAUTOMÁTICO DE LIMIARES DE CORTE  
| Ângela BARBOSA, Dora ROQUE, Ana FONSECA e Jorge ROCHA
- 60** AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E ADEQUABILIDADE DE MDS OBTIDOS POR DRONES LOW-COST NA MONITORIZAÇÃO TOPOGRÁFICA DE DUNAS PRIMÁRIAS  
| Gil GONÇALVES, Diogo DUARTE, Juan A. PÉREZ, Alan D. ATKINSON, Manuel SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, João DUARTE
- 70** MODELAÇÃO ESPACIAL DO POTENCIAL DE EXPLORAÇÃO APÍCOLA UTILIZANDO SOFTWARE OPEN SOURCE  
| Natália ROQUE, Paulo FERNANDEZ e Ofélia ANJOS
- 73** OTIMIZAÇÃO DE CIRCUITOS DE INSPEÇÃO DE PAVIMENTOS: APLICAÇÃO À REDE RODOVIÁRIA NACIONAL  
| Alexandre B. GONÇALVES, Marta C. GOMES e Filipe GOMES
- 80** MONITORING OF HABITATS AT THE LEVEL OF A NATURA 2000 SITE – ‘MOHANA’ MOBILE AND WEB APP  
| Francisco GUTIERRES
- 92** CARTOGRAFIA TEMÁTICA PARA APOIO AO TURISMO ASSOCIADO AO PEDESTRIANISMO – ESTUDO DE CASO DE S. VICENTE  
| Ricardo GOMES, Luisa M.S.GONÇALVES
- 101** A INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO PROCESSO DE PLANEAMENTO DA REDE CICLÁVEL DO BARREIRO  
| João LOPES e Milton GOMES

- 102** SISTEMAS MULTIAGENTES PARA A MODELAÇÃO E SIMULAÇÃO DE ALTERAÇÕES DE OCUPAÇÃO DO SOLO  
| Eduardo GOMES, Patrícia ABRANTES, Arnaud BANOS, Jorge ROCHA e Inês FONTES
- 109** PROJETO NÓS PROPOMOS!: A MOBILIZAÇÃO DOS ALUNOS NA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DA COMUNIDADE  
| Rui SANTOS, Sérgio CLAUDINO, Lucinda FONSECA, Carlos GONÇALVES, Miguel PADEIRO, Pedro GUIMARÃES, Ricardo GARCIA, Paulo MORGADO e Maria João RAIMUNDO
- 116** Notas finais
- 119** Programa

## Nota da Comissão Organizadora

A II Conferência Nacional de Geodesição decorreu na Escola Superior de Tecnologia do Barreiro do Instituto Politécnico de Setúbal, nos dias 12 e 13 de maio de 2016, e voltou a ser um fórum que juntou decisores, técnicos e investigadores na área da informação geográfica. Esta II Conferência foi uma organização conjunta desta Escola e do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, e proporcionou um momento de reflexão e de divulgação sobre o modo como a informação geoespacial pode ser utilizada para a tomada de decisão em diferentes áreas de atividade.

A crescente utilização de informação geoespacial, a sua disponibilização na internet e o aumento do número e da diversidade de aplicações, têm gerado um exponencial interesse sobre informação quando georreferenciada pois esta tanto é utilizada por grandes instituições, mas também por utilizadores não experientes nas suas atividades do dia a dia, quer profissionais quer de lazer. Esta tendência de democratização da informação geoespacial, leva à necessidade de a organizar, de criar infraestruturas de dados geoespaciais de lançar normas que permitam uma exploração de dados mais universal.

A facilidade de criar e explorar dados e um acesso cada vez mais generalizado a plataformas de cariz muito diverso, desde computadores de secretária até smartphones ou tablets, levam a que muitos empreendedores apostem no desenvolvimento de novas ferramentas de exploração de dados, muitas das quais aplicações de utilização verdadeiramente intuitiva.

A interligação entre informação e a respetiva localização permite hoje que a tomada de decisões nas atividades diárias do ser humano possa ser tão complexa como a evacuação de uma zona por perigo de cheias ou tão simples como dar a conhecer restaurantes ou lojas mais próximas que têm “aquele produto” de que tanto se gosta.

O desenvolvimento das novas formas de utilizar e representar a informação que tenha associada uma localização não pode deixar de lado o contributo das ciências clássicas que, ao ficarem aliadas às novas ferramentas e a novos equipamentos, permitem que novas mas robustas formas de análise da informação geográfica fiquem ao dispor dos utilizadores.

A Comissão Organizadora agradece à Escola Superior de Tecnologia do Barreiro do Instituto Politécnico de Setúbal, ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil, à Direção Geral do Território, e aos patrocinadores, por terem acolhido o evento e apoiado a sua organização, assim como aos membros e moderador da Mesa Redonda “O Cadastro em Portugal: Presente e Futuro”.

Cristiana Pereira

Edgar Barreira

Maria João Henriques

Miguel Baio

Rita Matildes



## O CONTRIBUTO DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA O CRESCIMENTO

José Pedro NETO

Vice-presidente da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo

A atual estratégia europeia reorientou a finalidade dos fundos estruturais e de investimento comunitário, dando particular ênfase ao crescimento em detrimento do desígnio anterior do desenvolvimento. Esta alteração de rumo não se circunscribe a uma mera questão semântica – no mundo global, em mutação constante, a preocupação principal é a economia e o seu crescimento, inteligente, sustentável e inclusivo.

A informação geográfica está em todo o lado, em quase tudo que fazemos, tornando-se um recurso que contribui decisivamente para o desenvolvimento e a inovação, conducente à justiça social, ao crescimento económico e à sustentabilidade ambiental. A quantidade de dados espaciais existente é absolutamente esmagadora e com tendência para aumentar, tornando crucial o recurso a especificações e instrumentos de normalização de informação geográfica – Diretiva Inspire, OGC, CEN e ISO.

A boa utilização deste recurso é fundamental no planeamento, gestão e avaliação das políticas públicas e das iniciativas do setor privado. Os benefícios são transversais a diversos domínios:

- Maior transparência e mais equidade;
- Redução de custos decorrentes de uma maior eficiência dos serviços;
- Facilidade no fornecimento de informação crítica à tomada de decisão;
- Melhor comunicação;
- Gestão espacial do conhecimento;
- Capacidade de interoperabilidade com outros sistemas de informação;
- Identificação e caracterização do território e tudo o que nele ocorre;
- Compreensão de cada singularidade territorial;
- Análise integral e plural do território;
- Capacidade de análise dos direitos e restrições associados ao território;
- Monitorização exaustiva das opções tomadas e disponibilização de informação à sociedade.

O Portugal 2020, compromisso que Portugal e a Comissão Europeia assumiram na prossecução dos objetivos da Estratégia Europa 2020, congrega um conjunto de instrumentos financeiros disponibilizados para as intervenções necessárias ao:

- Estímulo à produção de bens e serviços transacionáveis e à internacionalização da economia;
- Reforço do investimento na educação e formação;
- Reforço da integração das pessoas em risco de pobreza e do combate à exclusão social;
- Reforço da transição para uma economia com baixas emissões de carbono;
- Apoio ao programa de reforma do Estado.

No âmbito da estrutura operacional do Portugal 2020 e respetivos programas operacionais, onde se insere o Programa Operacional da Região de Lisboa – POR Lisboa 2020, importa compreender de que forma pode a sociedade beneficiar da utilização da informação geográfica, nomeadamente ao nível da tomada de decisão e da criação de conhecimento.



## **LIVETEAMS – GESTÃO DE EMERGÊNCIA ONLINE ADAPTADA AO CONTEXTO**

Rafael BIZARRA  
Armanda RODRIGUES  
NOVA LINCS, Departamento de Informática,  
Faculdade de Ciências e Tecnologia,  
Universidade NOVA de Lisboa

**RESUMO:** Os dispositivos móveis são cada vez mais populares. Este facto, aliado à constante melhoria das infraestruturas de redes sem fios contribui para que o número destes dispositivos cresça todos os anos. As aplicações que são capazes de apresentar dados georreferenciados e que permitem a sua manipulação e partilha têm também apresentado um crescimento exponencial, como é o caso do Google Maps. No âmbito da gestão da emergência é de extrema importância para os atores (stakeholders) saber a posição das unidades que têm no terreno, bem como quais os lugares que representam a maior urgência na prestação de socorro. Contudo, os dispositivos não apresentam dimensões de ecrã uniformes, pelo que é necessário proceder a um processo de adaptação antes de apresentar o conteúdo. Esta adaptação deve ter em conta o contexto físico do dispositivo, bem como o contexto envolvente. Neste contexto, propõe-se o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica para a Web adaptativo, com recurso ao contexto e que permite partilhar informação em tempo real entre os grupos de utilizadores, sejam eles operacionais no terreno ou superiores hierárquicos no posto de controlo. Isto irá possibilitar uma maior eficácia na prestação do socorro, uma vez que a identificação de situações de risco na região passa a ter uma precisão muito maior, a nível geográfico, melhorando ainda a comunicação dentro e entre os vários níveis da hierarquia de comando.

**Palavras-chave:** SIG, gestão de emergência, contexto, adaptação, georreferenciação, dispositivos móveis





## 1. INTRODUÇÃO

Tipicamente, numa situação de emergência, a informação inicial de que as forças de segurança (tais como bombeiros, polícia, exército) dispõem acerca da gravidade geral da ocorrência ou do número de vítimas é escassa. Para além disso, a comunicação entre os operacionais no terreno e os gestores no posto de controlo é feita verbalmente, através de transmissores rádio, o que se pode revelar ineficaz quando aplicada à georreferenciação de lugares, uma vez que se baseia em referências visuais (p.e. virar à direita a seguir à casa branca – qual delas?), levando a imprecisões na definição dos pontos de interesse e, em última instância, a um défice na eficácia da assistência prestada.

Dado que a cooperação e a coordenação entre equipas das forças de segurança (pertençam ou não à mesma força de segurança) é crucial, foi desenvolvida a aplicação LiveTeams que pretende melhorar estes dois aspetos chave previamente mencionados.

No capítulo 2 é descrito um cenário que serviu de motivação aquando da definição das funcionalidades a implementar enquanto que, no capítulo 3, são descritos trabalhos e técnicas relevantes no contexto deste trabalho. No capítulo 4 é apresentada a solução implementada e como é que se aplica ao cenário definido. No capítulo 5 são descritos os testes planeados para avaliar a usabilidade e a performance da aplicação. Por fim, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões, bem como o que pode ser melhorado no futuro.

## 2. CENÁRIO MOTIVACIONAL

Por forma a compreender melhor as situações de emergência relevantes para o contexto do trabalho desenvolvido, foi desenhado um cenário fictício. Inicialmente, este cenário levou à elicitação dos requisitos para o desenvolvimento da aplicação e, numa fase final, a uma avaliação mais precisa das funcionalidades a implementar. Apesar de ser um cenário fictício, a problemática de situações de inundação nas zonas costeiras durante o inverno descrita no cenário é bastante comum, especialmente quando chuvas fortes coincidem com a preia-mar. Sexta-feira à noite, final de Janeiro; após um período de chuva torrencial e trovoadas na Costa da Caparica, em Almada – uma região que se encontra praticamente ao nível médio do mar -o nível das águas subiu, o que leva à inundação de algumas casas e à intransitabilidade de algumas artérias desta região. Num restaurante, que à altura da catástrofe se encontrava cheio – cerca de 50 pessoas estão a jantar – a água entra para a cave e provoca um curto-circuito, originando um incêndio. Tal como o responsável do restaurante, algumas pessoas que se deparam com as suas habitações inundadas contactam o 112 a pedir ajuda. Vários serviços são destacados para o local, como corporações de bombeiros (da Trafaria e de Cacilhas), ambulâncias, polícias (da Costa da Caparica e Almada) e equipas da Proteção Civil de Almada, sendo que estas últimas são responsáveis pela coordenação e gestão das demais equipas no terreno. Assim, para prestar o devido auxílio à população nesta situação, são destacadas dez equipas: seis brigadas de bombeiros e quatro equipas da polícia. Dado que as forças de segurança funcionam com base numa hierarquia, cada membro da equipa responde perante o líder da mesma, e cada líder recebe ordens dos gestores que se encontram nos postos de comando.

A situação mais crítica é a do restaurante, visto que se encontram presos no interior do mesmo cerca de meia centena de civis, e para agravar ainda mais a situação há o risco eminente de explosão das botijas de gás que se encontram na cave devido ao incêndio que deflagrou. Por essa razão, os gestores no posto de comando destacam a maioria das equipas disponíveis para essa localização, e as restantes são destacadas para as casas inundadas que apresentam maior urgência. A localização das ordens de destaque de cada equipa é inserida num mapa partilhado por todos os atores. A primeira equipa de bombeiros a ser destacada para o restaurante apercebe-se que a principal avenida da Costa da Caparica está intransitável. Um dos membros da equipa adiciona este impedimento ao mapa, associando-o à sua posição atual. Em tempo real, as restantes equipas destacadas para o restaurante, ao tomarem conhecimento deste impedimento, alteram a sua rota para um caminho alternativo, poupando tempo, o que em alturas de emergência se pode revelar fundamental.

Durante o desenrolar do salvamento, um operacional, responsável por uma das equipas de polícias, sofre ferimentos graves e necessita de ser transportado de urgência para o hospital mais perto, o Garcia da Orta. No posto de comando, um dos gestores toma conhecimento da situação, e prontamente atribui um novo



líder à equipa, de entre os membros da equipa, sendo esta ordem partilhada automaticamente com todos os intervenientes.

A gestão da situação de emergência vai evoluindo, com a partilha em tempo real de informação georreferenciada entre os operacionais no terreno.

Numa altura em que a situação do restaurante está controlada, um foco de incêndio começa numa casa nas redondezas. Uma vez que todas as equipas de bombeiros estão ocupadas com o restaurante, a maior delas é dividida em duas. Um dos membros desta equipa é um bombeiro bastante experiente e, como está no terreno, está em melhores condições de avaliar quais os elementos que pretende levar consigo do que os gestores que estão no posto de comando. Mas dado que o perfil atual deste operacional não lhe permite ações de gestão, o administrador atribui-lhe permissões de liderança adicionais, por um período de tempo limitado, o que lhe permite criar então uma nova equipa a partir da existente, permitindo assim que uma delas fique no restaurante, e a mais recente seja então destacada para a localização do incêndio.

Por fim, e quando cada uma das ocorrências é dada como resolvida, o líder da equipa que lá se encontra associa a categoria Resolvido a essa localização. O gestor redireciona depois as equipas de volta para o posto de comando. Uma vez que toda a informação relevante durante a situação é mantida, é assim possível fazer uma avaliação a posteriori da capacidade de resposta, melhorando futuras abordagens a situações de emergência.

### 3. TRABALHO RELACIONADO

Reichenbacher [2001] enumera os requisitos que um sistema desenhado para gerir uma situação de emergência deve cumprir. O autor recomenda o uso de um dispositivo móvel com ecrã retroiluminado e de elevada resolução, com sensores tais como GPS e giroscópio e com ligação ininterrupta à Internet, com uma largura de banda de pelo menos 5 Mbps. Deve ainda existir uma infraestrutura de suporte que permita a manipulação em tempo real de dados geográficos, bem como a pesquisa espacial dos mesmos e ainda funções de adaptação com base no contexto.

De acordo com Charvat et al. [2008], no contexto da gestão de uma emergência, é possível criar vários grupos de utilizadores heterogêneos, cada um deles com objetivos e papéis distintos. Cada grupo pode ser descrito através da lista de tarefas que podem efetuar, razão pela qual os autores referem que a análise dos requisitos dos utilizadores é fundamental aquando do desenvolvimento de uma aplicação focada na gestão da emergência

A noção de contexto é endereçada por variados autores, visto que desempenha um papel de grande importância em sistemas adaptativos, uma vez que descreve qual a informação que deve ser tomada em consideração na execução do processo de adaptação. Sarjakoski et al. [2008] definem contexto como qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a envolvimento de um utilizador, localização ou objeto. Por outro lado, Petit et al. (2006) definem SIG adaptativo como sendo um SIG que é capaz de adaptar automaticamente o seu comportamento em função de vários contextos, tais como as características do dispositivo usado ou o perfil do utilizador.

Para realizar as alterações necessárias é necessário criar um motor de adaptação. Zorrilla et al. [2015] propuseram um modelo que permite decidir que componentes devem figurar na interface da aplicação num dado momento, sabendo que alguns apenas podem ser apresentados em certos dispositivos. Numa fase inicial, a aplicação é dividida em componentes indivisíveis, que serão manipulados em várias fases do processo. De uma forma geral, o motor criado pelos autores consiste em dois módulos: o primeiro recebe como input todos os componentes da aplicação e, usando regras multi-dispositivo pré-definidas (que definem quais os componentes que podem figurar em que dispositivos), decide que componentes farão parte da interface, sendo esse o output deste módulo. O segundo módulo processa o output do primeiro, e é responsável por otimizar a organização dos componentes na interface, através do uso de regras de usabilidade específicas.



## 4. SOLUÇÃO PROPOSTA

A aplicação LiveTeams consiste num website passível de ser acedido através de um desktop, smartphone ou tablet com ligação à Internet, que permite que utilizadores autenticados criem e partilhem entidades geográficas (geo-entidades) em tempo real. Este sistema foi implementado com recurso a HTML5, CSS e jQuery para o front-end e Ruby on Rails para o back-end. PostgreSQL foi a base de dados escolhida, uma vez que é compatível com o plugin PostGIS, que permite a manipulação e armazenamento de dados georreferenciados.

### 4.1. Perfil de utilizador

Na secção 2 é afirmado que os serviços de segurança apoiam-se numa organização hierárquica. Assim, por forma a agrupar os utilizadores por ações que habitualmente executam, foi criada a noção de perfil de utilizador. Todos os utilizadores registados no nosso sistema possuem um único perfil em cada instante. Existem quatro perfis de utilizador – do nível mais baixo para o mais alto: básico, operacional, gestor e administrador. Um esquema da hierarquia de perfis criada pode ser visto na Figura 1.



Figura 1 – Hierarquia suportada pela aplicação LiveTeams

Quando um utilizador cria uma conta na aplicação, é-lhe imediatamente atribuído o perfil Básico, que limita as ações que o mesmo pode realizar. De facto, o utilizador é apenas um espectador e apenas pode visualizar informação. Isto evita que qualquer utilizador se registre e interaja diretamente com os dados no sistema. Só depois de um Administrador validar a sua inscrição e atualizar o seu perfil para um dos três restantes é que este pode alterar informação no sistema.

O perfil Operacional é indicado para os utilizadores que se encontram no terreno, que tipicamente apenas estão interessados em criar entidades geográficas.

O perfil Gestor é atribuído àqueles utilizadores que se encontram no posto de comando a supervisionar e a coordenar a situação de emergência. Este pode criar, atualizar e remover equipas e entidades geográficas, bem como destacar equipas para pontos de interesse.

Por fim, o perfil Administrador permite ter controlo total sobre o sistema. Para além de herdar as permissões dos perfis anteriores, este pode eliminar qualquer utilizador do sistema e associar papéis temporários aos utilizadores, funcionalidade descrita mais abaixo, na secção 4.3.

### 4.2. Funcionalidades implementadas

Nesta subsecção são detalhadas as principais funcionalidades implementadas para esta aplicação.

#### Criar entidades geográficas

Todos os utilizadores – com exceção dos Básicos – podem criar novas geo-entidades. Cada geo-entidade pos-



sui um nome, uma descrição e uma categoria. Cada categoria possui uma cor que facilite a distinção visual: vermelho para Urgente, laranja para Alerta, verde para Resolvido, azul para Informação e cinzento para Outros (inicialmente tinha-se pensado em adicionar todas as cores usadas no sistema de cores dos alertas da Proteção Civil, mas a cor amarela acabou por ser descartada uma vez que apresentava fraco contraste com alguns elementos do mapa base). Aquando da criação, é possível associar a geo-entidade a uma ou mais equipas. Isto é útil na medida em que algumas entidades podem ser apenas interessantes para algumas equipas.

### **Partilha em tempo real de informações geográficas**

Assim que um utilizador acede ao website, fica automaticamente registado para receber atualizações de entidades. Ou seja, de cada vez que uma entidade geográfica, equipa ou utilizador é adicionado, atualizado ou removido, o servidor envia essa informação a todos os clientes que estejam lá registados, garantindo que a informação geográfica que têm no mapa é sempre a mais recente.

### **Obtenção da posição atual do utilizador**

A posição atual do utilizador é obtida com recurso à Geolocation API. A posição do utilizador é monitorizada, e de cada vez que é detetada uma alteração na posição, esta é alimentada à página web. Na secção 5.1 são descritos alguns dos testes executados por forma a decidir qual dos métodos fornecidos por esta API se revela o melhor para obter a posição do utilizador, no contexto da aplicação desenvolvida.

### **Agregar utilizadores em equipas**

Utilizadores que possuam objetivos e competências semelhantes podem ser agregados em equipas (por exemplo, uma equipa de operacionais que estejam encarregues de fazer o reconhecimento da gravidade das ocorrências recebidas no posto de comando). Cada equipa tem um ou dois utilizadores com papéis especiais: o líder da equipa, responsável por intermediar as comunicações entre o posto de comando e o utilizador responsável por atualizar a posição da equipa através da sua própria localização (estes papéis podem ser acumulados pelo mesmo membro da equipa).

### **Destacar equipa para localização**

Cada equipa possui um conjunto de coordenadas (para além das suas coordenadas atuais) que representam a posição para onde se devem deslocar. Esta localização apenas pode ser alterada pelo líder da equipa ou por um Administrador e é representada no mapa através de um marcador com a imagem de um alvo. Quando um utilizador dessa equipa chega às imediações dessa localização, é-lhe apresentada uma notificação persistente no ecrã do dispositivo móvel, que apenas é dispensada através de um clique no ecrã, garantindo que o utilizador tomou conhecimento que chegou à localização alvo.

## **4.3. Modelo de permissões dinâmicas**

Uma das características principais da aplicação LiveTeams consiste no modelo de permissões dinâmicas. Como referido na secção 4.1, cada utilizador tem associado a si um perfil, cujas permissões são definidas previamente, pela equipa de técnicos que gere o sistema. Qualquer alteração às mesmas implicaria um período de indisponibilidade do sistema, inaceitável caso esteja a decorrer uma situação de emergência. Assim, foi desenvolvido um modelo que flexibiliza o perfil do utilizador, permitindo a atribuição de permissões unitárias temporárias a um ou mais utilizadores.

No exemplo descrito na secção 2, é descrita uma situação em que era importante permitir que um Operacional pudesse liderar uma equipa. De acordo com o seu perfil original, tal situação não é possível. Assim, em vez de lhe ser atribuído o perfil acima na hierarquia, que lhe iria fornecer permissões desnecessárias no contexto desta situação, um dos Administradores pode apenas atribuir-lhe a permissão necessária – neste caso Criar Equipas – durante um período de tempo limitado (digamos, 2 horas).



Figura 2 – Associar permissões temporárias a um utilizador, em vários dispositivos

Para tal, o Administrador acede à página apresentada na Figura 2, escolhendo o utilizador pretendido, bem como as permissões e a duração. Uma vez que estas permissões são atribuídas em tempo real, a aplicação adapta-se automaticamente, fornecendo-lhe acesso aos elementos necessários à criação da equipa.

#### 4.4. A Interface detalhada: aplicação prática

Nesta secção são detalhados os elementos da página principal – o mapa – da aplicação LiveTeams e como é que o cenário motivacional descrito na secção 2 pode ser representado.



Figura 3 – Interface de utilizador da aplicação LiveTeams

Após a entrada no sistema, é apresentada a página principal da aplicação, representada na Figura 3, onde está presente o mapa com a informação geográfica, bem como algumas ligações para outras páginas da aplicação.

No canto superior esquerdo encontramos os já conhecidos botões para controlar o zoom (que também pode ser controlado com a roda do rato ou com um movimento de pinch em dispositivos móveis) e o botão que permite ativar ou desativar a geolocalização do utilizador (I). Ainda no lado esquerdo, no canto inferior, encontram-se os botões que permitem desenhar os vários tipos de geo-entidades, tais como marcadores, círculos, polígonos e linhas poligonais (II). No lado direito da página encontramos uma barra vertical expansível que ocupa toda a lateral (III). Através desta barra é possível obter, por exemplo, acesso direto tanto às equipas atualizadas mais recentemente e ao histórico de ações realizadas no mapa, como à criação de geo-entidades, ou ainda a alguns filtros, como esconder um certo tipo de entidades. Por fim, no topo da página podemos encontrar a barra de navegação (IV). Esta possui algumas ligações para as páginas que listam os utilizadores ou equipas, bem como acesso rápido à página do perfil do utilizador. No caso de utilizadores com perfil Administrador, é também através de uma ligação na barra que estes podem aceder à página que permite gerir as permissões temporárias.



No mapa, é possível observar uma recriação do cenário motivacional (V). O polígono laranja representa a área afetada pela intempérie, ao passo que os círculos marcam os pontos de interesse nesta situação, tais como a localização da unidade móvel de controlo (azul n.º 1), a estrada que ficou intransitável (laranja n.º 2), a localização do restaurante afetado (vermelho n.º 3), algumas das casas inundadas que comunicaram a ocorrência (amarelo n.º 4) e uma ocorrência que entretanto já foi resolvida (verde n.º 5)

## 5. AVALIAÇÃO

Por forma a avaliar o trabalho desenvolvido, foram delineados alguns testes. Esses testes variam desde a avaliação do desempenho, nomeadamente ao nível do consumo de bateria e dados móveis em dispositivos móveis, até à avaliação da usabilidade e utilidade das funcionalidades implementadas. À data de escrita deste artigo, e estando este trabalho inserido numa dissertação de mestrado em curso, os testes de usabilidade ainda não foram concluídos, mas já é possível apresentar resultados intermédios, que estão detalhados mais à frente. As conclusões destes estudos encontram-se em cada uma das subsecções.

### 5.1. Desempenho

Estes testes foram executados no terreno com recurso a um dispositivo móvel, mais concretamente o smartphone LG G2, lançado em setembro de 2013, que possui uma bateria de 3000mAh.

O primeiro teste pretendia avaliar os consumos numa situação real. O teste teve a duração de 50 minutos e consistia em percorrer a distância de 19,4 quilómetros num veículo motorizado. Durante o teste, o GPS e a rede 4G estiveram sempre ligados, bem como o ecrã do telemóvel. No que diz respeito à bateria, foram gastos 19,2% de bateria e foram consumidos 2,48Mb de dados.

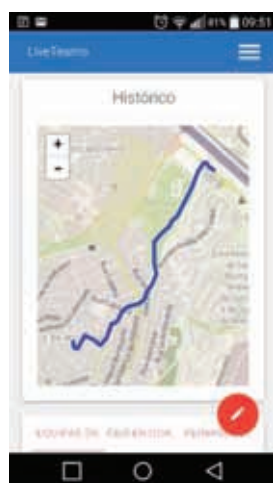


Figura 4 – GPS em modo watch

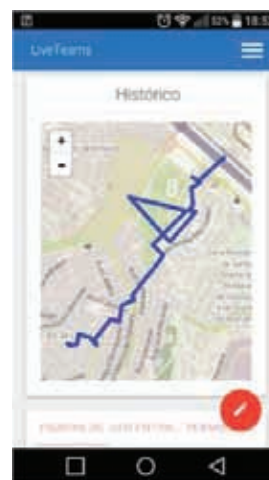


Figura 5 – Posição obtida a cada 30 segundos

Pretendeu-se também avaliar o impacto que o GPS e a frequência de atualização da posição tinham na bateria. Assim, foram testados dois cenários: um deles em que a posição do utilizador era monitorizada e atualizada sempre que fosse detetada qualquer alteração; o outro cenário passava por obter a posição periodicamente, neste caso a cada 30 segundos. Nas Figuras 4 e 5 é possível observar as linhas poligonais obtidas durante a execução de ambos os testes, fazendo exatamente o mesmo percurso – ambos os percursos foram realizados a pé. No teste da Figura 4 foram gastos 5,7% de bateria e 1,56Mb de dados móveis. No teste da Figura 5 os consumos cifraram-se nos 5,1% e 1,51Mb, de bateria e dados móveis, respetivamente.

Em todos os testes, nos consumos de dados móveis, está contabilizado o setup inicial da aplicação: download dos mapas base, de todas as entidades geográficas a figurarem no mapa e dos ficheiros necessários ao funcionamento da aplicação. Esse valor – assumindo que nenhum dos dados estava já guardado em cache – é de 1,1Mb (este valor cresce em função do número de entidades geográficas a carregar no mapa a partir do servidor).

Em suma, optou-se por usar o método em que a posição do utilizador é monitorizada – GPS em modo watch



–, uma vez que apresenta uma precisão bastante superior em relação ao outro método testado, o que acaba por compensar o ligeiro acréscimo registado nos consumos: +11,7% ao nível da bateria e +3,5% ao nível dos dados móveis.

Para o teste em grande escala, e com base nos resultados anteriores, o GPS foi usado no modo watch. Com base nos resultados obtidos, podemos extrapolar que, em utilização intensiva e com a bateria totalmente carregada, é possível usar a aplicação ao longo de 4 horas e 23 minutos. Nesse mesmo período seriam consumidos aproximadamente 8,38Mb de dados. Na preparação para este teste observámos que caso o dispositivo entrasse em suspensão ou a aplicação do navegador de Internet passasse para segundo plano, a monitorização da posição do utilizador era interrompida. Por esta razão, o ecrã necessita de estar sempre ligado, explicando assim o elevado consumo de bateria.

## 5.2. Usabilidade e utilidade

Esta componente incide sobre a avaliação da usabilidade e utilidade das funcionalidades implementadas. Consiste na execução de um guião composto por uma lista de tarefas a serem realizadas tanto num dispositivo fixo como num móvel. As tarefas a serem executadas no dispositivo fixo são maioritariamente de gestão – criação de equipas ou atribuição de perfis temporários –, ao passo que no dispositivo móvel as tarefas são mais direccionadas para operacionais no terreno – criar entidades geográficas. Após a execução do guião, os participantes preenchem um questionário, composto por três secções: caracterização do perfil do participante; preenchimento do questionário System Usability Scale (SUS), criado por Brooke [1996]; preenchimento de questões que pretendem avaliar a usabilidade global das interfaces desktop e mobile e a utilidade de algumas funcionalidades implementadas.

O questionário SUS é bastante usado para avaliar a usabilidade de interfaces e é composto por 10 perguntas, cada uma com uma escala de 1 a 5. De acordo com Sauro [2011], o valor 68 é considerado o valor intermédio, que separa as interfaces que apresentam problemas no seu desenho – valores menores que 68 – das bem desenhadas – valores superiores.

Uma vez que o estudo da avaliação da usabilidade ainda está a decorrer, apenas estão disponíveis cinco resultados. A média da classificação SUS desses cinco participantes é de 85,5.

Analisando os resultados disponíveis no estudo da usabilidade da aplicação, e a partir das conclusões apresentadas por Sauro [2011], é possível deduzir que a interface da aplicação está bem desenhada e é de fácil utilização. Os mesmos participantes avaliaram ainda a interface mobile com o valor médio de 4 e a interface desktop com o valor médio de 4,8 (ambos numa escala de 1 a 5). Regra geral, os participantes realçaram a uniformidade da interface, indicando que tanto a experiência de utilização da interface mobile como da interface desktop é muito boa, o que facilita a transição de uma interface para a outra. Contudo, alguns utilizadores indicaram que na interface mobile podia ser mais fácil a introdução de texto em algumas caixas, uma vez que o teclado virtual dos dispositivos móveis ocupa bastante espaço no ecrã.

## 5.3. Demonstração

Por forma a obter feedback do público-alvo – as forças de segurança – foi realizada uma demonstração para elementos da Protecção Civil de Almada. Esta demonstração consistia numa apresentação onde era descrita não só a aplicação, mas também as principais funcionalidades. No final foi apresentado um pequeno vídeo demonstrando o desempenho da nossa aplicação num cenário fictício. O feedback obtido foi muito bom, uma vez que, segundo eles, pode agilizar alguns dos processos, nomeadamente de equipas de operacionais que são enviadas para o terreno para avaliar a gravidade de ocorrências reportadas pela população em casos de emergência, relatórios esses que atualmente são efetuados via rádio, e os gestores que se encontram no posto de comando é que tratam de comunicar esses relatórios aos demais gestores. Com a nossa aplicação, os operacionais adicionavam geo-entidades associando a informação que achassem relevante, e todos os atores envolvidos teriam acesso, em tempo real, a essas geo-entidades, agilizando o processo da gestão da emergência.



## 6. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Foi aqui apresentada uma solução que melhora a coordenação e cooperação entre as diferentes forças de segurança numa situação de emergência, através de uma solução que fornece, em tempo real, mapas online colaborativos e que reage a várias alterações do contexto.

A partir dos vários testes realizados, concluímos que a interface está bem desenhada e que a transição entre os vários dispositivos é feita sem grande esforço. Também a nível de desempenho podemos concluir que, apesar de se tratar de uma aplicação que atualiza informação em tempo real, esta é eficiente ao nível do consumo de dados móveis, o que é bastante importante uma vez que a maioria dos utilizadores possui planos de dados móveis limitados. O feedback obtido por parte dos elementos da Proteção Civil também nos permitiu perceber que a adoção de uma ferramenta deste tipo iria facilitar a execução de alguns processos, agilizando o processo de gestão de uma situação de emergência.

O trabalho aqui detalhado pode ser visto como uma prova de conceito e existem pormenores que podem ser melhorados. A otimização da interface móvel é um deles, que poderá agilizar ainda mais o desempenho dos operacionais no terreno. A edição de geo-entidades também pode ser implementada com recurso à biblioteca já usada para interagir com os mapas de base. A possibilidade de trocar mensagens entre os gestores e as equipas também pode ser vista como uma melhoria nas comunicações. Por fim, a integração com serviços externos, como os serviços web do Google Maps, iria permitir a criação de rotas alternativas com base nas geo-entidades introduzidas por operacionais.

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente suportado pelo projeto NOVA LINC'S Ref. UID/CEC/04516/2013.

### REFERÊNCIAS

Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation and industry* 189.194, p. 4-7.

Charvat, K., Kubicek, P., Talhofer, V., Konecny, M. e Jezek, J. (2008). *Spatial Data Infrastructure and Geovisualization in Emergency Management. Resilience of Cities to Terrorist and other Threats. NATO Science for Peace and Security Series Series C: Environmental Security*. Springer, p. 443-473.

Petit, M., Ray, C. e Claramunt, C. (2006). A contextual approach for the development of GIS: Application to maritime navigation. *Web and Wireless Geographical Information Systems*. Springer, p. 158-169.

Reichenbacher, T. (2001). Adaptive concepts for a mobile cartography. *Journal of Geographical Sciences* 11.1, p. 43-53.

Sarjakoski, L.T. e Sarjakoski, T. (2008). User interfaces and adaptive maps. *Encyclopedia of GIS*. Springer, p. 1205-1212.

Sauro, J. (2011). *Measuring Usability With The System Usability Scale (SUS)*, at URL: <http://www.measuringu.com/sus.php> (consultado em 2016.03.02).

Zorrilla, M., Borch, N., Daoust, F., Erk, A., Flórez, J. e Lafuente, A. (2015). A Web-based distributed architecture for multi-device adaptation in media applications. *Personal and Ubiquitous Computing*, p. 1-18.

### CONTACTOS

Rafael BIZARRA: [r.bizarra@campus.fct.unl.pt](mailto:r.bizarra@campus.fct.unl.pt) Armanda RODRIGUES: [a.rodriques@fct.unl.pt](mailto:a.rodriques@fct.unl.pt)





# RECOLHA E TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO DE FORMA VOLUNTÁRIA (VGI) EM INCÊNDIOS FLORESTAIS, COM AS EQUIPAS DE RECONHECIMENTO E AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO (ERAS)

José GASPAR<sup>1</sup>, Verónica CATARINO<sup>2</sup> e Tiago MARINHO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CERNAS – Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade – Escola Superior Agrária  
– Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

<sup>2</sup> CFEIF-ENB – Centro de Formação Especializada em Incêndios Florestais – Escola Nacional de Bombeiros, Aeródromo  
Municipal da Lousã, 3200-395 Chã do Freixo, Portugal.

**RESUMO:** Na preparação dos primeiros cursos de formação de Equipas de Reconhecimento e Avaliação da Situação (ERAS), testaram-se diversas aplicações que possibilitam a recolha de dados/informação geográfica para que, em conjunto com uma ficha de campo, fosse possível a recolha de dados com PDA's e smartphones. Na segunda edição dos cursos, para além destas aplicações, desenvolveu-se um formulário para recolha de informação em XLS.forms do software Survey123 e estruturou-se uma Geodatabase em ArcGIS Collector para eventual recolha de informação geográfica. Todas as aplicações utilizadas são suscetíveis de utilização em smartphones/pda's com Sistema Operativo Android, e as duas últimas podem ainda ser utilizadas em dispositivos com sistema operativo iOS.

Os formandos reagiram de forma positiva à possibilidade de utilização dos seus dispositivos móveis como instrumentos de recolha voluntária de informação, e os seus contributos permitiram a evolução para aplicações utilizadas. Para além do potencial identificado, esta abordagem permite: a eliminação de recolha de dados em papel, um reporte de ponto de situação mais fiável e detalhado (incluindo envio de imagens), e uma melhor integração com as aplicações de SIG e Planeamento em posto de comando operacional ou do CDOS ou do CNOS.

A difusão das metodologias testadas permitirá um fluxo de informação mais rápido, com informação mais precisa, com a conseqüente melhoria dos processos de tomada de decisão.

**Palavras-chave:** VGI, Incêndios Florestais, ERAS.

*ABSTRACT: In the preparation of the first training courses of Reconnaissance and Situation Assessment Teams (ERAS), various applications were tested, which enable collecting data /geographic information, which would work together with a field form. It was possible to collect data with PDA's and smartphones. In the second edition in addition to these applications, it was developed on XIS.forms a form for collecting information on Survey123 software, and for eventual collection of geographic information a geodatabase was structured in ArcGIS Collector. All applications used are likely to use in smartphones / PDA's with OS Android, and the last two can still be used on devices with iOS operating system.*

*Students responded positively to the possibility of using their mobile devices as instruments for volunteer information collection, and their contributions have enabled the evolution to frequently used applications. In addition to the identified potential, this approach allows: the elimination of paper data collection, a situation report more reliable and detailed (including sending pictures), better integration with the GIS and planning applications at the operational command post, or the CDOS or CNOS.*

*The diffusion of tested methodologies will enable faster information flow, with more accurate information, with the consequent improvement of decision-making processes.*

**Keywords:** VGI, Forest Fires, ERAS.



## 1. INTRODUÇÃO

As equipas de Reconhecimento e Avaliação da Situação (ERAS), podem ser mobilizadas/integradas para o teatro de operações no âmbito da atuação das forças dos bombeiros do Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais (DECIF) [MAI, 2015]. Na Norma Operacional Permanente NOP n.º 2101-2015, publicada pelo Ministério da Administração Interna (MAI) e pela Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC) descrevem-se, a forma de constituição das equipas, as necessidades de formação e a sua forma de funcionamento. De entre os vários aspetos referidos, realça-se segundo [MAI, 2015], a capacidade de na zona onde se desenrola (ou irá desenrolar) o combate a um incêndio florestal, conseguir: analisar a zona, analisar os pontos sensíveis, identificar as ameaças e infraestruturas de apoio, proceder à recolha de informação do incêndio, e executar outras operações que lhe sejam atribuídas.

No sentido de garantir a formação específica destes operacionais, o Centro de Formação Especializado em Incêndios Florestais (CFEIF) da Escola Nacional de Bombeiros (ENB), promoveu 4 cursos de formação de equipas ERAS em 2015, e está a realizar 6 cursos em 2016.

A formação versa diversos conteúdos fundamentais, para que os operacionais possam reportar para o posto de comando a informação relevante e necessária ao apoio à decisão. De forma a organizar este fluxo de informação, o CFEIF elaborou uma ficha de campo, que permite a recolha de informação diversa e estruturada por assuntos. Na ficha podem ser recolhidos dados/informações em diversas localizações geográficas, que podem posteriormente ser reportados ou entregues diretamente no posto de comando. Nesta formação, em 2015, utilizaram-se pela primeira vez tablet's com aplicações open source instaladas, para recolha de informação de localização/GPS, para a execução expedita de levantamentos e para recolha de imagens georreferenciadas. Em 2016 testou-se a utilização de um formulário no próprio tablet, e um reporte de informação diferente utilizando a rede de comunicações móveis, baseado na localização geográfica.

A adesão dos formandos à utilização das tecnologias foi boa, nas sessões de 2015, fruto da possibilidade de utilizarem as mesmas aplicações nos seus telemóveis, e de tirarem partido do potencial dos seus equipamentos, para o reporte de informação geográfica precisa e de fotografias georreferenciadas.

Nas sessões de 2016 utilizaram-se essas aplicações para possibilitar a utilização nos smartphones dos formandos, mas simultaneamente, criou-se um formulário que permite a recolha de toda a informação que constava na ficha. A adesão à utilização desta metodologia foi boa, no entanto, para que seja utilizado todo o seu potencial, carece de uma estruturação de funcionamento da aplicação a nível regional ou nacional, e de uma utilização adequada em posto de comando, o que pode em determinadas situações dificultar a utilização/disseminação.

No âmbito do processo de organização da formação para os cursos ERAS, definiu-se como relevante a recolha de posições geográficas (localização - pontos), a execução de pequenos levantamentos, de linhas (limite) e eventualmente de pequenas áreas. Para o efeito, era necessário que o software a utilizar permitisse não só a recolha e visualização da informação, mas também a exportação e envio, para que a informação recolhida pelos elementos da equipa ERAS pudesse ser, visualizada e analisada em posto de comando. Entendeu-se ainda que o registo fotográfico (com localização geográfica) seria uma mais-valia importante. Para conseguir efetuar a recolha de dados com ficha de campo e poder fornecer esta informação adicional, utilizaram-se Tablet's com ligação GSM, selecionaram-se e instalaram-se as seguintes aplicações:

- GPS Essentials (mictale.com);
- Precision GPS Free (sciencewithandroid);
- Agroid GPS Area Meter (Gaia Consulting).

A aplicação a) destina-se fundamentalmente à recolha de informação posicional e registo de fotos, com a possibilidade de associação das fotos a percursos, e com envio da informação por correio eletrónico para um conta definida, passível de ser visualizado na aplicação Google earth ou similar. A aplicação b) destina-se fundamentalmente à recolha de posições (pontos-localização) com uma precisão mais elevada, tal como referido por Fonte et al. [2015], utilizando para isso tempos de permanência e recolha mais elevados, e médias de posições recolhidas. A aplicação c) utiliza-se quando é necessário recolher uma linha (limite ou percurso), ou delimitar uma área.



Todas as aplicações permitem a visualização dos resultados, e no caso da a) e da c) permitem o seu envio em formato KML e/ou GPX para mais fácil integração. Poderiam seleccionar-se outras aplicações que o utilizador entenda serem mais fáceis de utilizar, desde que o nível de funcionalidades seja semelhante.

Paralelamente a este trabalho, desenvolveu-se uma ficha de campo para recolha de informação no local de operação, com registo da informação em papel e que permite, de forma mais sistematizada, fornecer os registos para o cumprimento das funções de acordo com o que veio a ser publicado na NOP. Esta conceção teve em conta o conhecimento do desenvolvimento deste tipo de operações e as características dos utilizadores (formandos). A ficha de campo idealizada pela equipa do CFEIF e utilizada nas sessões de formação apresenta-se na figura 1, possui uma organização por secções, que estão identificadas por cores, e tem por objetivo a recolha e registo de informação, para ser transmitida para posto de comando, ou entregue diretamente no local. Realça-se o facto de se poderem registar diversas informações de locais distintos, para o efeito a informação de localização surge associada a diversos tipos de registo de dados.

Figura 1 – Extrato da ficha de campo para utilização das equipas ERAS (fonte: CFEIF-ENB)

Tendo em conta a experiência das edições de 2015, as observações/comentários/sugestões dos formandos, bem como, a adesão à utilização das tecnologias e aplicações apresentadas, e à sua inclusão em operações reais, entendeu-se por adequado, a construção de um formulário de recolha de dados, tendo por base a ficha desenvolvida em 2015.

Para desenvolver este trabalho optou-se pela utilização da aplicação Survey123, dado que, embora seja uma aplicação associada a um software comercial, o que cria algumas limitações à sua implementação, a sua facilidade de uso permite uma utilização com um tempo de aprendizagem curto.



Para efetuar esta adaptação estruturou-se o formulário em 7 secções:

- Dados gerais;
- Combustível/Declive/Acessos;
- Pontos sensíveis/Riscos/Ameaças;
- Habitações/Indústria;
- Dados meteorológicos/Observações;
- Análise CPS/Intensidade;
- Registos GPS/Fotos/Outros.

Os dados que constavam da ficha utilizada anteriormente foram reorganizados, de forma a facilitar a recolha no campo.

As secções podem ser selecionadas de forma independente, num menu de entrada, permitindo a recolha total ou apenas parcial, conforme a situação em causa, e as solicitações do posto de comando.

A maioria dos itens a recolher estão estruturados por menus, com possibilidades de escolha única ou múltipla, de forma a facilitar a seleção em campo, reduzindo a necessidade introdução de dados. Criou-se a possibilidade de recolha de três imagens, por solicitação dos formandos. Estes, consideraram que a informação visual/fotográfica, permitirá que os elementos do posto de comando tenham uma melhor noção da situação operacional, para além de que, nalguns casos, com uma única imagem será impossível abranger a diversidade de aspetos que se pretende ilustrar.

Optou-se por manter o formulário o mais simples possível, pelo que não se incluiu a aquisição de vídeo e a aquisição de som, de modo a tornar o processo de recolha objetivo, e facilitar o envio dos ficheiros. Este aspeto é relevante em operação real, dado que o tráfego de comunicações é bastante elevado, e os ficheiros de menor dimensão são transmitidos e recebidos mais rapidamente.

Quadro 1 – Estrutura do formulário

SECÇÃO	Nº de Campos de entrada de dados	Nº de Campos com opções	Nº total opções
Dados Gerais	5	1	7
Combustível/Declive/Acessos	6	5	9+6+2+5+8
Pontos Sensíveis/Riscos/Ameaças	4	4	7+4+6+4
Habitacões/Indústria	13	5	6+8+6+12+10
Dados Meteorológicos/Observações	13	1	8
Análise CPS/Intensidade	5	-	-
Registos GPS/Fotos/Outros	4	-	-
TOTAL	50	16	108

Optou-se por não definir questões de resposta obrigatória para manter em aberto todas as possibilidades de resposta, no entanto na versão final este aspeto deve ser reequacionado. Algumas subsecções não estão visíveis e apenas ficam disponíveis por seleção, e a determinação do valor da análise e previsão do comportamento do incêndio pelo Método Campbell Prediction System (CPS) foi automatizado.

Realça-se o facto de o formulário produzido ter sido concebido numa lógica de recolha de informação geográfica, e de registo numa base de dados associada à posição, o que difere da abordagem da ficha que tinha sido concebida para múltiplas recolhas de atributos/características em posições diferentes.



### 3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas sessões de formação de 2015 os participantes instalaram as aplicações nos seus telemóveis e tablet's, promoveu-se a utilização individual (Figura 2) e complementar ao preenchimento manual da ficha de recolha e registo de dados.



Figura 2 – Exemplo de sessão prática de formação das equipas ERAS.

Os formandos recolheram informação de posições e de pequenos trajetos, consideraram muito relevante a possibilidade de recolher fotografias georreferenciadas, para envio para posto de comando. Em gabinete foi possível visualizar os dados recolhidos e enviados e verificar as possibilidades de integração daquela informação em aplicações SIG, ou em aplicações web. Foram efetuadas pequenas demonstrações de integração de informação em tempo real, e de possibilidades de utilização da informação ao nível do planeamento operacional. Ao nível da formação não se verificaram os problemas de volume de informação como os que são referidos por Blasques [2012] e Fonte [2015], no entanto, é expectável que em operação essa situação possa acontecer, pelo que deverá ser devidamente acautelada.

Nas sessões de formação de 2016, divulgaram-se as aplicações utilizadas em 2015, no entanto, promoveu-se a instalação da aplicação Survey123 e a utilização do formulário produzido. Os formandos contribuíram de forma colaborante, com sugestões relativas às cores, forma de organização dos menus, e funcionamento do formulário, bem como com pequenas correções que melhoraram a funcionalidade do formulário utilizado.

Apresentam-se alguns exemplos de ecrãs do formulário nas figuras 3 e 4, que exemplificam o início da recolha de informação, bem como o processo de seleção das diferentes secções e dos menus utilizados.

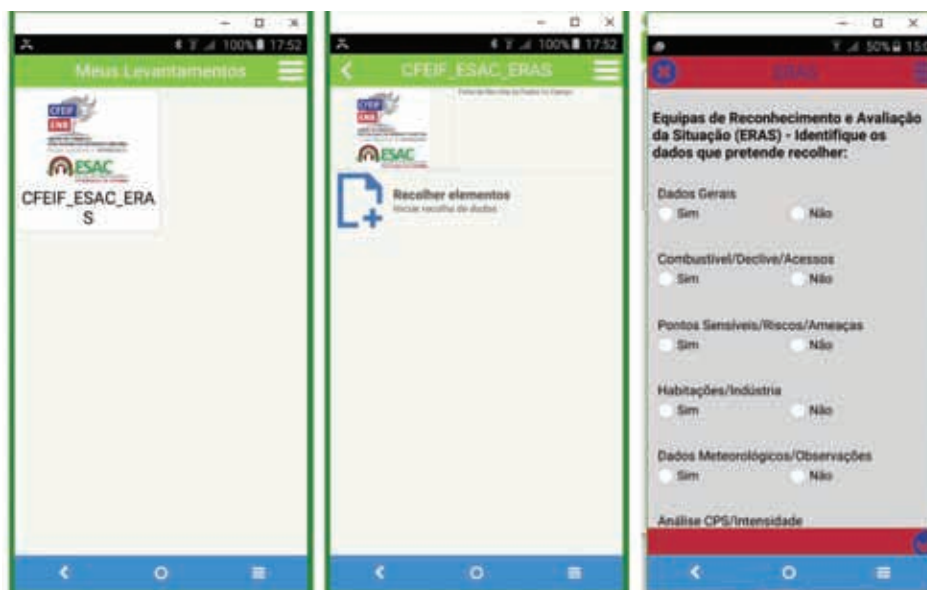


Figura 3 – Seleção do formulário e início da recolha de dados.

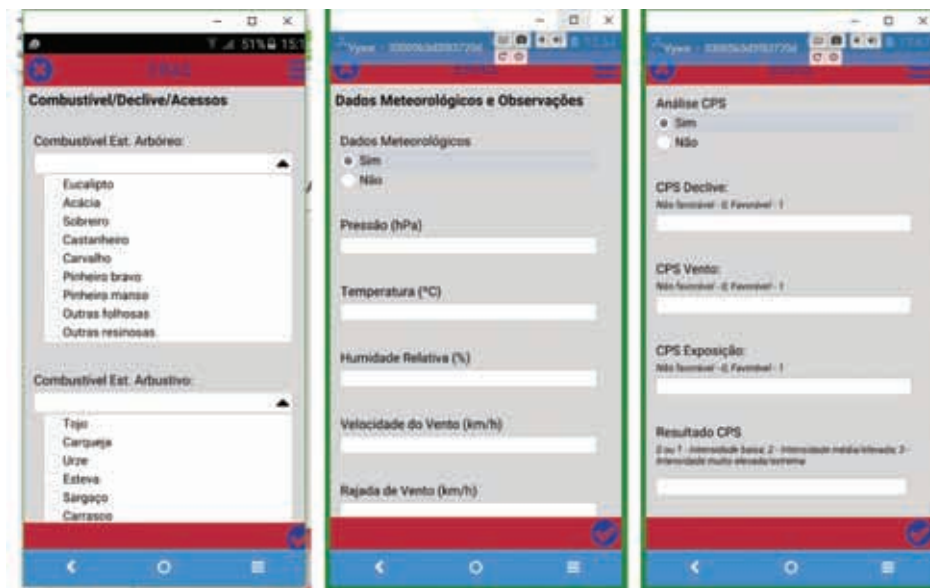


Figura 4 – Secções do formulário para recolha de dados.

Nas figuras 5 e 6 ilustra-se a visualização de resultados em posto de comando, ou no CDOS, tendo para o efeito utilizado os dados recolhidos por uma das equipas que frequentaram a formação em 2016.

Os resultados obtidos demonstram que as equipas ERAS (e outros elementos na operação) poderão recolher e reportar informação muito relevante para o apoio à decisão, e que utilizando a tecnologia adequada podem ser elementos de uma rede de recolha VGI tal como referido por Foody et al. [2014]. Todas as equipas utilizaram o formulário nos tablet's fornecidos, alguns formados instalaram a aplicação Survey123 nos seus smartphones, para treino. A capacidade de recolha de imagens e a facilidade de operação, foram sublinhadas como aspetos positivos. Existiu uma excelente disponibilidade para utilização de equipamentos pessoais na recolha e reporte de informação. Foi demonstrado algum ceticismo relativamente ao consumo de energia das aplicações e à possibilidade de dificuldades de captação de sinal GSM ou de sinal GPS, em teatro de operações, devido às condições do relevo. A possibilidade de visualização da informação recolhida, em tempo real, e a integração dos dados com informação auxiliar, foram realçados pelos formandos, como aspetos tendentes a aumentar a segurança dos operacionais e a melhorar a eficácia no combate. Verificaram-se alguns problemas de transmissão de dados e de visualização de resultados devido à qualidade da rede móvel nas zonas de trabalho, e à largura de banda disponível no router sem fios utilizado na sala de posto de comando. Os formandos referiram ainda, as possibilidades de edição de dados já recolhidos (sem envio de nova informação), como uma das melhorias a introduzir. Embora este processo seja possível, como na maioria dos casos existe mais do que uma recolha para envio a sua edição pode levar a duplicação da informação.

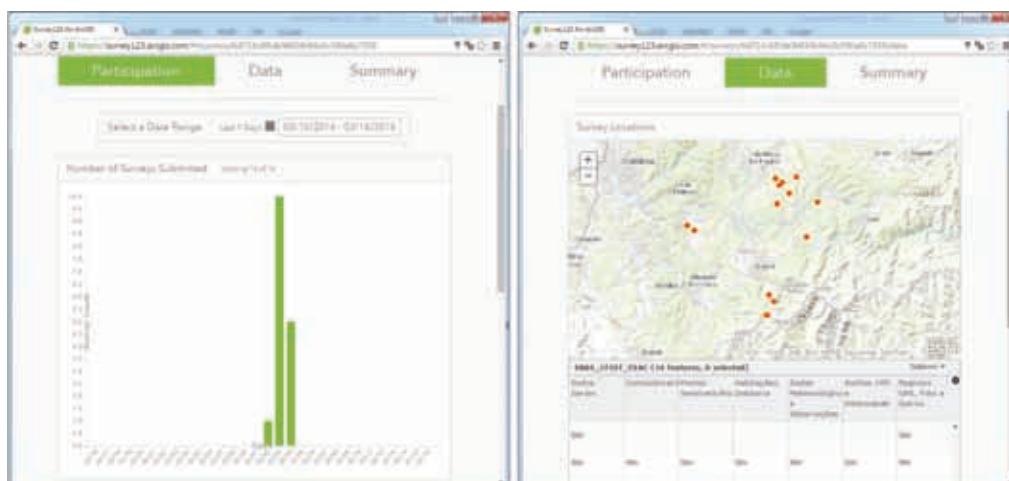


Figura 5 – Visualização dos dados recolhidos na aplicação Survey123.

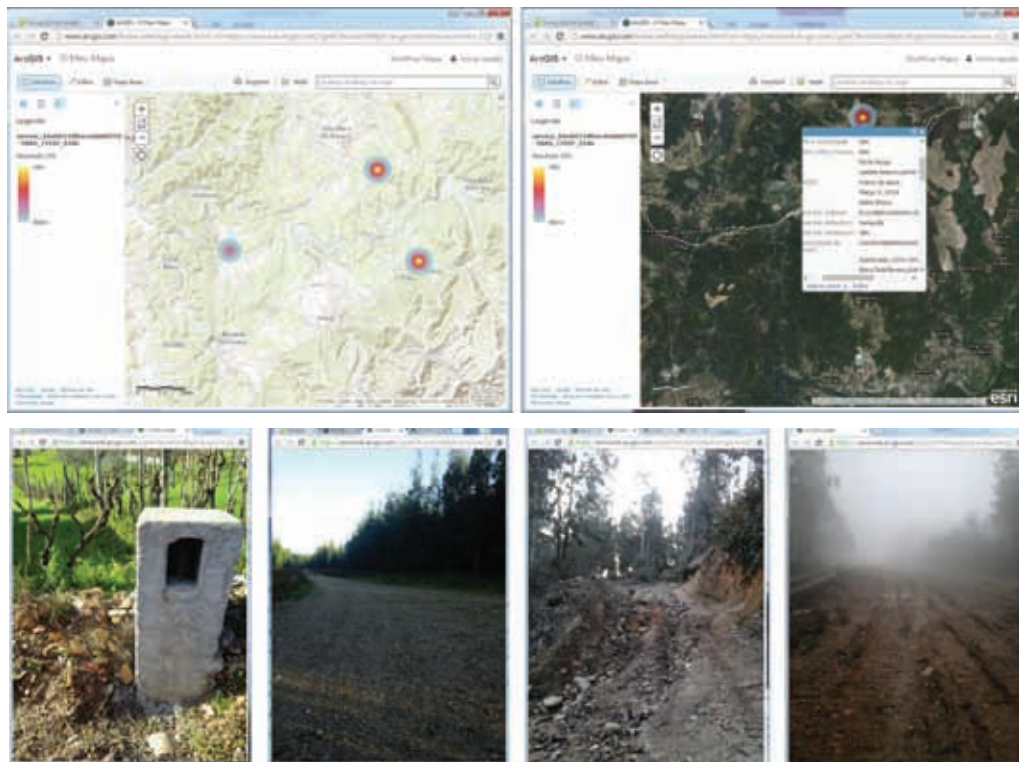


Figura 6 – Visualização dos dados recolhidos na no Map Viewer do ArcGIS on-line (exercício simulado).

#### 4. CONCLUSÕES

O processo de integração de novas tecnologias nas funções operacionais das equipas ERAS decorreu de forma satisfatória. Os formandos valorizaram o facto, de a tecnologia melhorar a forma e a qualidade da informação recolhida, bem como, o facto de facilitar a transmissão da informação e diminuir os erros.

Foram notados alguns erros, e dificuldades de operação da aplicação Survey123, que advém do facto de ser uma versão beta, nomeadamente, reduzidas capacidades de customização dos formulários, que poderiam melhorar a sua legibilidade e interatividade.

O facto de o Survey123 necessitar da utilização de uma conta on-line de ArcGIS, foi referido como uma limitação. No entanto, a utilização da família das aplicações Open Data Kit, desenvolvida pela Universidade de Washington, poderá ser uma alternativa viável ao Survey123. Deverá ter-se em atenção, o aumento da complexidade de operação, e a maior dificuldade na integração direta dos dados recolhidos com outras ferramentas SIG-on-line, deverá merecer a devida ponderação.

Presentemente as metodologias desenvolvidas estão a ser utilizadas apenas em ambiente de formação, com a adesão de forma voluntária dos elementos das equipas, mas deverão ser efetuados testes piloto ao nível de CDOS ou de CNOS, para avaliação das oportunidades de melhoria e para execução das devidas alterações/correções. Deverá ainda ser efetuada uma avaliação da qualidade da informação recolhida pelas duas metodologias, bem como, o tempo dependido nos levantamentos de campo, e a integração processo de decisão em posto de comando, como referido por Fonte et al. [2015]. Importa referir a excelente disponibilidade dos formandos para utilizarem os seus equipamentos, o que poderá permitir, a ampla difusão desta forma de recolha de informação, entre os elementos operacionais intervenientes num incêndio florestal. Contribuindo assim para um aumento significativo da eficácia, fruto da disponibilidade de informação de melhor qualidade, e de forma rápida e expedita.



## REFERÊNCIAS

Blasques, J., (2012) FireSpotter A VGI based forest fire reporting system. Dissertation of the Master of Science in Geospatial Technologies, Universidade Nova, Universitat Jaume I, Universitat Munster, p. 61.

Fonte, C., Bastin, L., Foody, G., Kellenberger, T., Kerle, N., Mooney, P., Olteanu-Raimond, A., See, L., (2015) VGI quality control. ISPRS annals of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, Volume II-3/W5, ISPRS Geospatial week 2015, 28 sep-30 out, La Grande Motte, France, p 317-324.

Fonte, C., Bastin, L., See, L., Foody, G., Lupia, F., (2015) Usability of VGI for validation of land cover maps. International Journal of Geographical Information Science, 29 (7), Taylor & Francis, p. 1269-1291.

Fonte, C., Bastin, L., See, L., Foody, G., Estima, J., (2015) Good practice guidelines for assessing VGI data quality. 18th AGILE 2015, Lisbon.

Foody, G., See, L., Kerle, N., Hart, G., Fonte, C., (2014) Enhancing the role of citizen sensors in mapping COST action TD1202. Proceedings of the 17th AGILE 2014, Castellón, June, 3-6.

Ministério da Administração Interna - MAI (2015) Norma Operacional Permanente NOP-2101-2015, Comando Nacional de Operações de Socorro. Ministério da Administração Interna, Autoridade Nacional de Proteção Civil, publicação em 27/04/2015, p 22.

## CONTACTOS

José GASPAR: [jgaspar@esac.pt](mailto:jgaspar@esac.pt)

Verónica CATARINO: [veronica.catarino@enb.pt](mailto:veronica.catarino@enb.pt)

Tiago MARINHO: [tiago.marinho@enb.pt](mailto:tiago.marinho@enb.pt)





## TECNOLOGIA UAV NO APOIO À AVALIAÇÃO DO PERIGO DE INUNDAÇÃO

Paulo FERNANDEZ<sup>1,5</sup>, Luísa GOMES PEREIRA<sup>2,6</sup>,  
Sandra MOURATO<sup>3,5</sup>, Madalena MOREIRA<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Castelo Branco – Escola Superior Agrária

<sup>2</sup> Universidade de Aveiro – Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda

<sup>3</sup> Instituto Politécnico de Leiria – Escola Superior de Tecnologia e Gestão

<sup>4</sup> Universidade de Évora – Escola de Ciências e Tecnologia

<sup>5</sup> ICAAM – Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas

<sup>6</sup> Centro de Investigação em Ciências Geo-Espaciais

**RESUMO:** A representação geométrica da superfície do terreno e dos obstáculos onde se desenvolve o escoamento superficial e onde este é condicionado, é um dos fatores determinantes na simulação de um evento de inundação.

O levantamento por Unmanned Aerial Vehicle (UAV) é uma ferramenta promissora para a modelação de inundações porque, além da produção do Modelo Digital de Superfície (MDS) com alta resolução, permite representar a distribuição espacial dos coeficientes de resistência nas zonas inundáveis e também permite a aquisição multi-temporal de imagens aéreas a baixo custo que podem ser utilizadas para a avaliação de desempenho do modelo hidráulico de inundação.

Neste estudo foi desenvolvida uma metodologia de aquisição e produção de dados de entrada para os modelos hidráulicos de inundações com base na tecnologia UAV, de forma que, em conjunto com um sistema de monitorização, permita a calibração/validação do modelo e a consequente melhoria da avaliação do perigo de inundação. Este modelo vai ser aplicado num troço da ribeira do Açafal, na região Centro de Portugal.

O contributo deste trabalho foi a demonstração do potencial dos UAV para a produção de um:

- Modelo Digital de Superfície de escoamento (MDS<sub>e</sub>), com exatidão e resolução espacial elevadas, que permita a construção de um modelo hidráulico de inundações (calibrado e validado), de forma a diminuir a incerteza na avaliação do perigo e risco de inundação.
- Mapa de coeficientes de resistência que é importante para obter uma distribuição da velocidade e da tensão de arrastamento bastante próxima da realidade, de forma a melhorar o cálculo do escoamento em superfície livre.

Este trabalho insere-se numa linha de investigação em curso na área da modelação hidráulica de inundações, com o objetivo de melhorar a avaliação do perigo de inundação.

**Palavras-chave:** Modelo Digital de Superfície de escoamento, coeficiente de resistência, perigo de inundação, UAV



## 1. INTRODUÇÃO

As inundações são um fenómeno natural que não é possível evitar e que dependendo da magnitude atingida e da frequência, podem ser potencialmente perigosas, constituindo, por isso, perigos naturais a que a sociedade está exposta. O conhecimento sobre o perigo de inundação é o primeiro componente da avaliação do risco de inundação. O perigo de inundação é determinado pela extensão da zona inundável e características hidráulicas como a altura de água e a velocidade de escoamento. Os mapas de zonas inundáveis para áreas geográficas suscetíveis de serem inundadas devem representar essas características [Merz et al., 2007; Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, 2007; De Moel et al., 2011].

Os modelos hidráulicos são ferramentas importantes na estimativa do perigo de inundação. Estes modelos precisam de ser calibrados e validados, pelo que a monitorização (precipitação e altura de água) dos eventos de inundação é fundamental para melhorar o conhecimento sobre o perigo e o risco de inundação. Contudo, a escassez de dados é uma das principais limitações para a realização de estudos neste domínio.

A representação da superfície do terreno é um fator crítico na modelação hidráulica de inundações pois, como dado de entrada do modelo, condiciona o caudal de ponta de cheia e a extensão da inundação [Horritt et al., 2001]. A resolução espacial (horizontal e vertical) e a qualidade do conjunto de dados geográficos podem produzir grandes diferenças nos resultados da modelação hidráulica de inundações [Wilson, 2004]. A exatidão da modelação da superfície do terreno é afetada por vários fatores, nomeadamente a precisão, a densidade e a distribuição dos pontos cotados, o algoritmo de interpolação e a resolução espacial [Aguilar et al., 2005; Chaplot et al., 2006; Fisher et al., 2006].

O coeficiente de resistência do escoamento para um dado tipo de cobertura ou revestimento da superfície é também um dado de entrada muito importante para a modelação hidráulica de inundações [De Roo et al., 2000], porque resulta da combinação de características da superfície do terreno sobre a qual ocorre o escoamento da água, sendo também influenciado pelas próprias características do escoamento, tais como a velocidade e a altura de água. Os resultados dos modelos hidráulicos de inundação são sensíveis à escolha deste coeficiente [Wilson et al., 2007] sendo, frequentemente, atribuídos valores constantes no espaço. A cartografia temática de uso e ocupação do solo, obtida a partir de imagens aéreas ou de satélite de alta resolução, pode ser utilizada para representar a distribuição espacial dos coeficientes de resistência nas zonas inundáveis [Wilson et al., 2007; Schubert et al., 2008]. O coeficiente de resistência é um parâmetro a calibrar no modelo hidráulico, que quando corretamente definido, permite obter uma distribuição da velocidade e da tensão de arrastamento bastante próxima da realidade, e estimar de forma bastante satisfatória o escoamento em superfície livre. A eficiente aplicação do modelo hidráulico de inundação depende, maioritariamente, da calibração do coeficiente de resistência [Horritt et al., 2002; Horritt, 2005] e da exatidão da representação da superfície do terreno [Wilson, 2004; Cook et al., 2009].

Os dados LiDAR (Light Detection And Ranging) são uma fonte de informação geográfica de elevada resolução para a modelação de inundações, e a sua integração com a cartografia a escala grande e imagens multiespectrais de grande resolução, melhora a estimativa do perigo de inundação [Fernandez, 2015; Fernandez et al., 2015]. Atualmente, o levantamento por UAV é uma alternativa para obter dados espaciais, para representação da superfície do terreno com um elevado nível de detalhe [Draeyer et al., 2014]. O levantamento por UAV é uma ferramenta promissora para a modelação de inundações porque, além da produção do MDS com alta resolução [Cryderman et al., 2014], permite, também, a aquisição multi-temporal de imagens aéreas ortorretificadas [Anders et al., 2013], que possibilitam a extração da extensão de inundação para comparação com a calculada pelo modelo.

O objetivo deste estudo é desenvolver uma metodologia de aquisição e produção de dados de entrada para os modelos hidráulicos de inundações com base na tecnologia UAV de forma que, em conjunto com um sistema de monitorização permita a calibração/validação do modelo e a consequente melhoria da avaliação do perigo de inundação. Para este estudo foi selecionado um troço da ribeira do Açafal, na região Centro de Portugal.

Esta comunicação contém, para além da Introdução, uma secção onde é descrita a área de estudo e aquisição de dados. Na secção 3 é explicada a metodologia de avaliação do perigo de inundação, na secção 4 são apresentados os resultados, e terminando com a secção 5, conclusões e trabalhos futuros.



## 2. ÁREA DE ESTUDO E DADOS

### 2.1. Área de Estudo

A área de estudo compreende um troço, com 3,8 km de comprimento e 0,003 m/m de declive médio, da ribeira do Açafal, afluente do rio Tejo, localizado em Vila Velha de Rodão, na região Centro de Portugal (Figura 1). Neste troço, o escoamento tem extravasado o leito normal e inunda regularmente as zonas adjacentes, ocupadas maioritariamente por campos agrícolas.



Figura 1 – Área de estudo, localização das três estações de monitorização de altura de água e das 62 secções transversais da ribeira do Açafal levantadas topograficamente.

### 2.2. Dados elementares

Os dados elementares usados neste trabalho, a partir dos quais se derivam os dados de entrada do modelo hidráulico, correspondem a imagens adquiridas por um UAV e a dados topográficos.

As imagens foram adquiridas através do UAV eBee da Sensefly (<https://www.sensefly.com/drones/ebec.html>). A Figura 2a ilustra o UAV utilizado e aspetos da sua operação. Este UAV pesa apenas 700 g, minimizando substancialmente o seu consumo de energia.

Do sistema fazem parte uma câmara RGB, baterias, um modem para comunicação rádio e software para planeamento e controlo de voo. O eBee pode cobrir até 12 km<sup>2</sup> num único voo, e, a altitudes mais baixas sobre áreas menores, pode adquirir imagens com um pixel de 1,5 cm. Neste caso particular, as imagens foram adquiridas com um pixel de 5 cm, a uma altura média de voo de 200 m. A Figura 2b ilustra o mapa de voo com as 48 fiadas e as posições das 911 exposições.

Os dados topográficos dizem respeito a 274 pontos de verificação, para avaliação da qualidade do Modelo Digital de Terreno (MDT) numa fase posterior a este trabalho, e 6 pontos de controlo (Figura 2b), para georreferenciação das imagens juntamente com os parâmetros de orientação externa fornecidos pelo sistema de navegação a bordo do UAV (GPS e IMU) durante o processo da triangulação aérea. Para além destes, e para melhorar a representação da secção transversal do leito do canal, nas zonas com vegetação muito densa e/ou submersas, foram efetuados levantamentos topográficos (com um GPS-RTK) de 62 secções transversais da ribeira do Açafal (Figura 1).

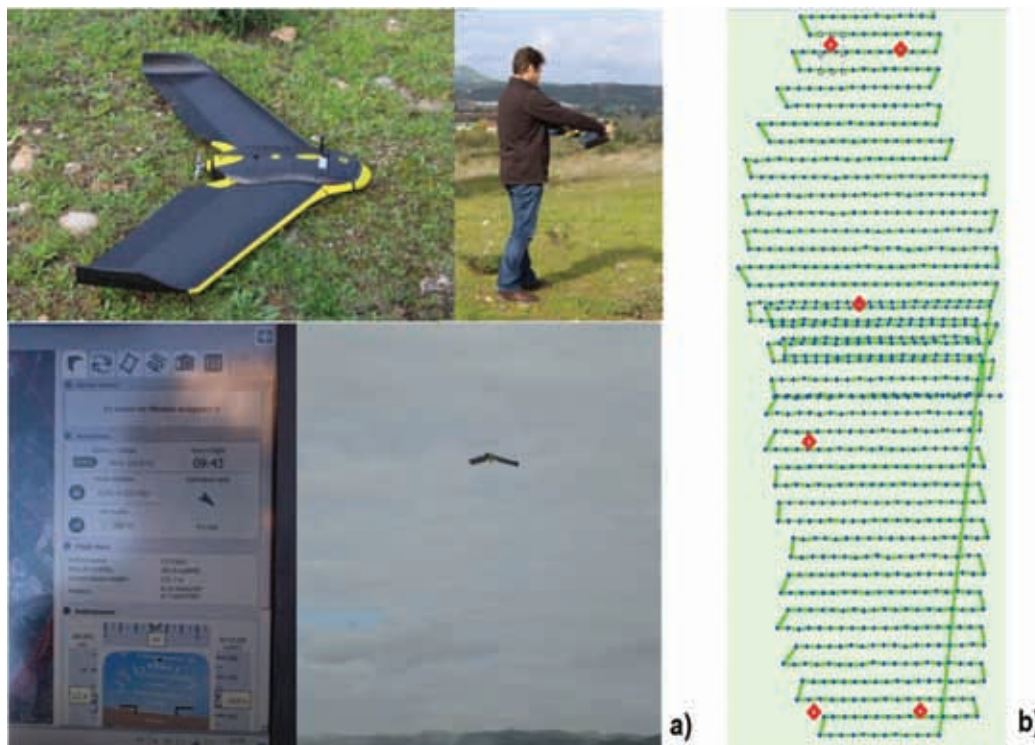


Figura 2 - (a) UAV eBee em operação; (b) Mapa de voo com as fiadas (linhas a verde), as exposições (pontos a azul) e os pontos de controle (pontos vermelhos).

Com o objetivo de posteriormente se calibrar e validar o modelo hidráulico de inundações (3), é realizada a monitorização da altura de água no leito do canal e na zona inundável em três estações hidrométricas (Figura 1), instaladas desde Setembro de 2015, e que possuem um sensor de nível com um sistema automático de registos de dados. Os dados são registados com um intervalo de 15 minutos. Na bacia hidrográfica foi também instalado um udómetro para recolha de dados de precipitação.

### 3. MODELO HIDRÁULICO DE INUNDAÇÃO

Para a avaliação do perigo de inundação é necessário criar um modelo hidráulico de inundações calibrado e validado para calcular a distribuição espacial do perigo na zona inundável. Na Figura 3 apresenta-se o fluxograma desse processo.

A modelação hidráulica de uma inundação permite determinar a altura de água, a extensão da inundação, e a velocidade do escoamento, devendo ser avaliado o desempenho do modelo através da comparação com registos de campo e imagens aéreas. A modelação de inundações deve ser fiável, exequível em termos de exigência computacional e de dados de entrada, e gerar resultados com o nível de detalhe adequado aos objetivos do estudo.

A representação da superfície do terreno e dos obstáculos, que condiciona o escoamento superficial, é um dos fatores determinantes na simulação de um evento de inundação provocado pela ocorrência de um evento de precipitação de elevada intensidade e duração. O processamento e a integração de dados espaciais de alta resolução (MDS e levantamento topográfico) permitem extrair o MDSe, que é um dado de entrada, para o modelo hidráulico de inundação que, após calibrado e validado, constitui uma ferramenta que permite simular cenários de inundação para diferentes períodos de retorno (T), para os quais se efetua a avaliação do perigo de inundação.

A representação da superfície do leito do canal foi obtida por interpolação dos pontos cotados obtidos no levantamento, das 62 secções transversais [Merwade et al., 2008]. Os valores dos pixels do MDS, na zona do leito do canal, foram substituídos pelos calculados na interpolação, obtendo-se assim um novo raster designado por MDSe.

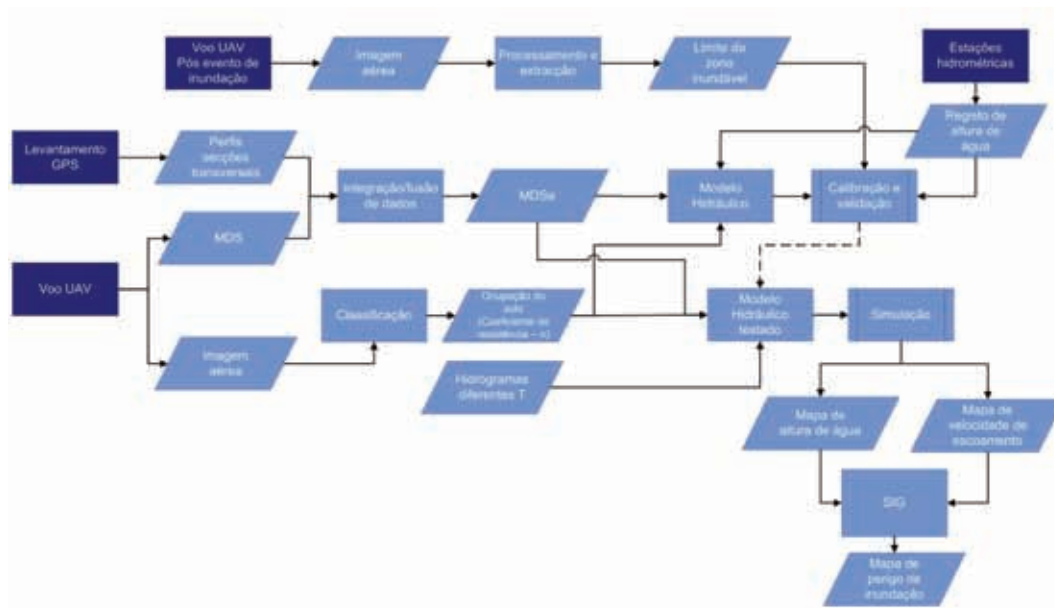


Figura 3 - Fluxograma do procedimento para avaliação do perigo de inundação.

Como já referido, o coeficiente de resistência do escoamento para um dado tipo de cobertura ou revestimento das superfícies é também um dado de entrada muito importante para a modelação hidráulica de inundações. Os resultados dos modelos hidráulicos de inundação são sensíveis à seleção destes coeficientes e, frequentemente, são atribuídos, por falta de informação sobre a ocupação e uso do solo, valores constantes no espaço. Neste trabalho, tiramos partido das imagens de grande resolução adquiridas pelo UAV para representar os coeficientes de resistência espacialmente distribuídos nas zonas inundáveis. Assim, pelo uso das imagens ortoretificadas, foram produzidos mapas de ocupação e usos do solo de acordo com as classes estabelecidas e descritas em Caetano et al [2010]. Os valores do coeficiente de resistência (Quadro 1), adotados em função da classe de ocupação e uso do solo na produção do mapa de coeficiente de resistência, foram obtidos com base na bibliografia [Chow, 1988; Van der Sande et al., 2003; Wilson et al., 2007; Hunter et al., 2008; Schubert et al., 2008].

Quadro 1 - Coeficientes de resistência ( $n$  Manning).

Classe de ocupação e uso do solo	$n$ Manning
Tecido urbano descontinuo	0,12
Indústria, comércio e equipamentos gerais	0,0085
Redes viárias e ferroviárias e espaços associados	0,012
Culturas temporárias de sequeiro	0,038
Culturas temporárias de regadio	0,038
Olivais	0,038
Pastagens permanentes	0,04
Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes	0,0375
Sistemas culturais e parcelares complexos	0,0375
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	0,0375
Sistemas agro-florestais	0,038
Florestas de folhosas	0,16
Florestas mistas	0,165
Vegetação herbácea natural	0,035
Matos	0,07
Florestas abertas, cortes e novas plantações	0,07
Cursos de água	0,025
Planos de água	0,025



#### 4. RESULTADOS

O MDSe é composto pela integração do MDS e dos dados topográficos das secções transversais da ribeira do Açafal (2.2). A produção do MDS foi executada com o software Pix4D® (<https://pix4d.com/>) que processa as imagens utilizando a chamada Orientação Indireta de Sensores baseada na detecção e medição automáticas de pontos de passagem e de ligação [Colomina et al., 2014]. Em fotogrametria tradicional, esta tarefa, conhecida como aerotriangulação automática, há muito estabelecida e comprovada, não é capaz de tratar blocos de imagens UAV [Qin et al., 2013] uma vez que assenta em pressupostos – como por exemplo imagens verticais, escala fotográfica média aproximadamente constante, assim como as sobreposições e a atitude entre fiadas - que não se verificam com a aquisição de imagens UAV. Pelo contrário, a irregularidade de blocos de imagens UAV não constituiu obstáculo à correspondência automática de imagens e ajustamento por feixes executados em software desenvolvido pela comunidade de visão computacional para fins mais gerais [Colomina et al., 2014] ou especificamente para voos UAV [Küng et al., 2011]. Com esta metodologia, denominada Structure from Motion [Snavely et al., 2008; Agarwal et al., 2009], os parâmetros de orientação externa, assim como as coordenadas no sistema terreno dos pontos de passagem e ligação, podem ser estimados com grande precisão utilizando somente alguns pontos de controlo. A calibração da câmara foi feita também durante o ajustamento, utilizando os modelos de Conrady-Brown [Brown, 1971] e de orientação interna [Cramer, 2013]. Depois do ajustamento, a nuvem de pontos que se obtém é densificada. Com as 911 imagens, obteve-se uma nuvem de pontos cujo número extraído de cada duas imagens está representada na Figura 4a através da cor associada ao segmento que as une. Assim, uma cor clara significa um baixo número de pontos extraídos, o que pode requerer a medição manual de pontos de ligação, enquanto uma cor mais escura representa um mais elevado número de pontos extraídos.

A nuvem de pontos assim criada é usada para gerar uma superfície composta de triângulos. A malha produzida contém, em média, 25,5 pontos por m<sup>3</sup>. Com esta malha foi depois gerado o MDS em formato de grelha com 5 cm x 5 cm usando-se, para a estimativa dos valores das alturas associados aos pontos da grelha, o método de interpolação da distância inversa ponderada. A figura 4b ilustra o MDSe produzido. As maiores diferenças entre o MDSe e MDS situam-se na zona do leito da ribeira, devido à presença de vegetação. A Figura 5 ilustra este facto.

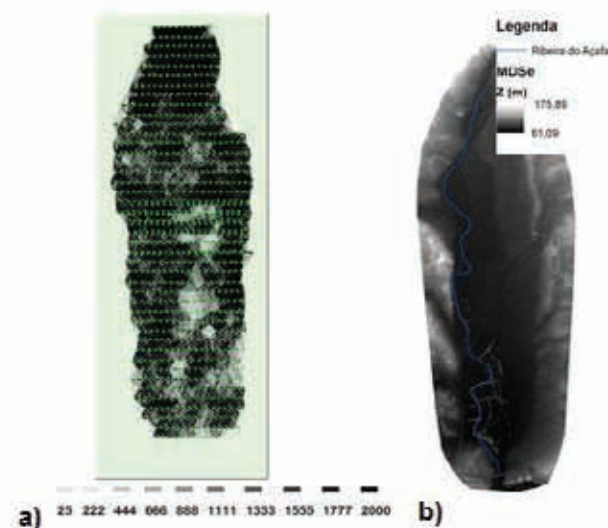


Figura 4 – (a) Distribuição de pontos obtidos por image matching com o software Pix4D®. As cores na escala de cinzento representam a quantidade de pontos extraídos, simbolizando, a cor mais clara, as zonas com menos pontos, e a cor mais escura a com mais pontos; (b) MDSe em formato grelha de 5 cm x 5 cm.

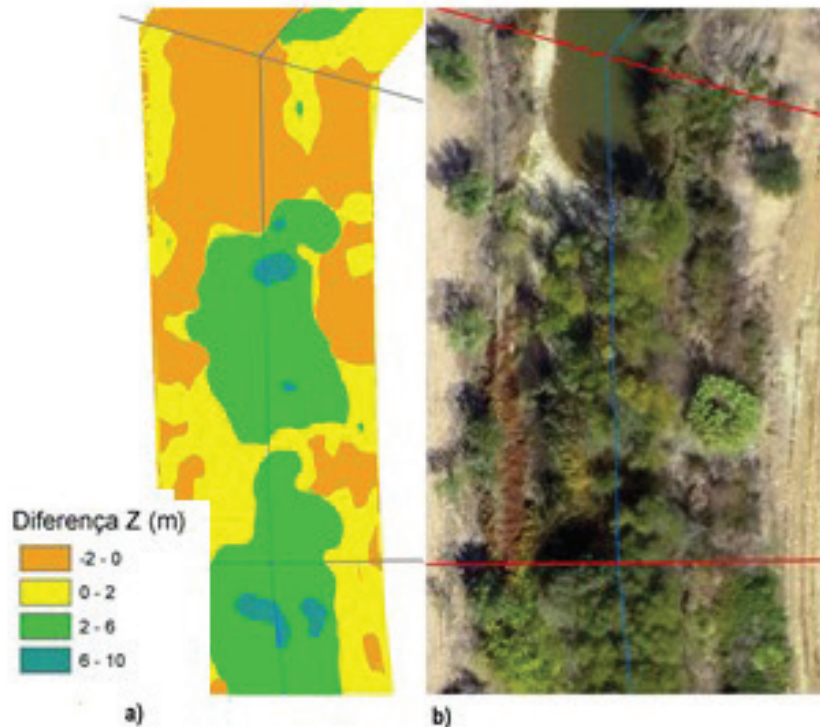


Figura 5 – (a) Diferenças de altitude entre MDS e o MDSe numa zona do leito da ribeira; (b) Cobertura do solo nessa zona.

Em futuros trabalhos, ir-se-á filtrar automaticamente a nuvem de pontos usando o filtro de Axelsson [Axelsson, 2000] para avaliar a mais-valia que a integração de sessões transversais levantadas com recurso à topografia introduz na avaliação do perigo de inundação em zonas com morfologia semelhante à da área de estudo. A figura 6 ilustra a diferença entre dois perfis, um levantado com recurso à topografia e outro derivado do MDS, numa zona com vegetação baixa. As diferenças não aparentam ser significativas uma vez que os perfis foram levantados numa altura em que o nível de água da ribeira era reduzido (cerca de 0,5 m). De notar que o perfil derivado do MDS consegue representar variações bruscas de altura.

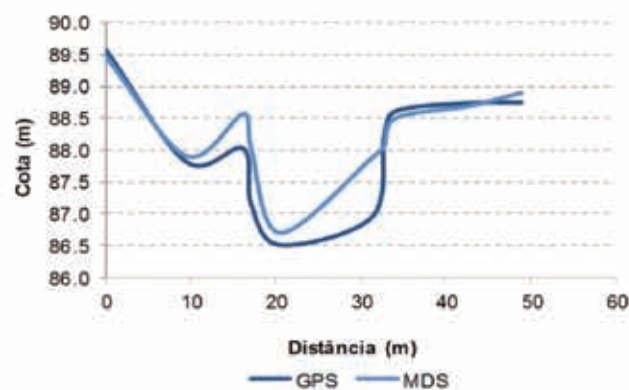


Figura 6 – Perfil transversal de uma secção do rio obtido com o GPS e extraído do MDS.

Em contrapartida, na Figura 7 estão representados dois perfis, um derivado do MDS e outro do MDSe que mostram claramente o efeito da vegetação no MDS. O modelo hidráulico de inundação necessita como dado de entrada, das características geométricas das secções transversais do canal. A utilização do MDS para extração desse dado de entrada será uma fonte de erro para a avaliação do perigo de inundação.

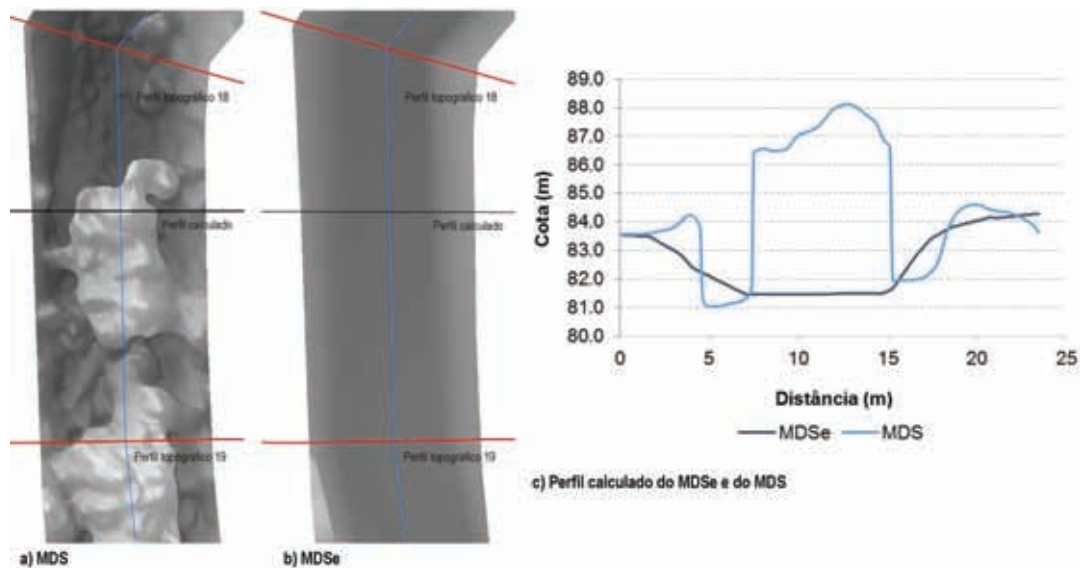


Figura 7 - (a) MDS numa zona do leito da ribeira; (b) MDSe na mesma zona do leito da ribeira; (c) Perfil calculado com base no MDS e no MDSe.

O coeficiente de resistência na zona inundável tem impacte na determinação do instante inicial da inundação e no instante em que se verifica a altura máxima de água, no entanto influencia moderadamente a extensão de inundação. Através de fotointerpretação e de vetorização da cobertura do solo das imagens ortorretificadas de alta resolução, foi produzido o mapa de ocupação do solo (Figura 8a). O mapa dos coeficientes de resistência (Figura 8b) foi produzido como referido em 3.

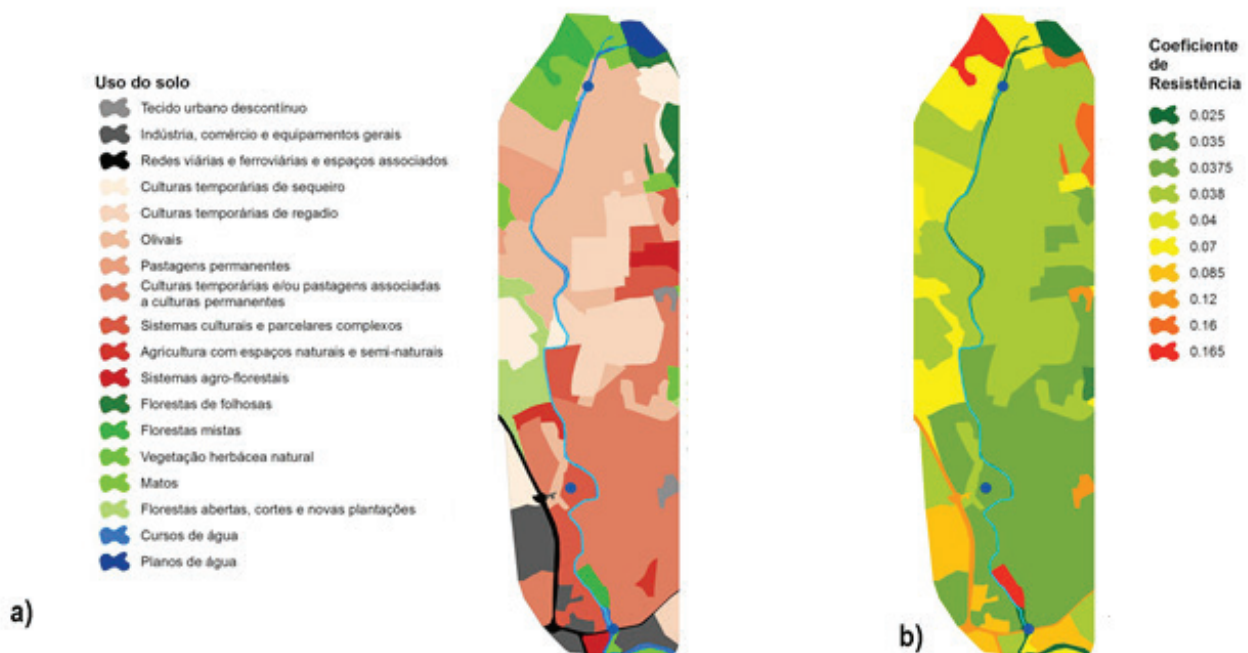


Figura 8 - (a) Mapa de ocupação de solo; (b) Mapa de coeficiente de resistência.





## 5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Os resultados obtidos, quer para a modelação da superfície de escoamento, quer para a determinação dos coeficientes de resistência permitem concluir que, para a área de estudo, as imagens adquiridas por UAV fornecem dados de entrada com grande resolução, necessários para a modelação hidráulica.

Nos últimos anos, as abordagens utilizadas no desenvolvimento dos modelos hidráulicos de inundação 2D têm considerado como objetivos importantes, para melhorar a avaliação do perigo de inundação, a integração de dados espaciais de elevada resolução espacial e a simplificação hidráulica da propagação, na zona inundável, da onda de cheia. A capacidade de aquisição de dados espaciais de elevada resolução para a modelação de inundações, com um custo reduzido, mostra o grande potencial que a tecnologia UAV tem para melhorar a avaliação do perigo de inundação.

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, será realizada a calibração e validação do modelo hidráulico de inundações, para produção de mapas de perigo de inundação para diferentes períodos de retorno.

### REFERÊNCIAS

- Agarwal, S., Snavely, N., Simon, I., Seitz, S.M., Szeliski, R., (2009). Building Rome in a day, 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision, pp. 72-79.
- Aguilar, F.J., Agüera, F., Agullar, M.A., Carvajal, F., (2005). Effects of terrain morphology, sampling density, and interpolation methods on grid DEM accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 71 (7), p. 805-816
- Anders, N., Masselink, R., Keesstra, S., Suomalainen, J., (2013). High-Res Digital Surface Modeling using Fixed-Wing UAV-based Photogrammetry, *Geomorphometry 2013*, Nanjing, China.
- Axelsson, P., (2000). DEM Generation from Laser Scanner Data Using Adaptive TIN Models. *International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, XXXIII, p. 110-117.
- Brown, D., (1971). Close range camera calibration. *Photogramm. Eng.*, 37, p. 855-866.
- Caetano, M., Nunes, A., Dinis, J., Pereira, M.d.C., Marrecas, P., Nunes, V., (2010). Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS2007) - Memória descritiva, Instituto Geográfico Português, Lisboa, Portugal.
- Chaplot, V., Darboux, F., Bourennane, H., Leguédou, S., Silvera, N., Phachomphon, K., (2006). Accuracy of interpolation techniques for the derivation of digital elevation models in relation to landform types and data density. *Geomorphology*, 77(1-2), p. 126-141.
- Chow, V.T., (1988). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill Inc.
- Colomina, I., Molina, P., (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, p. 79-97.



- Cook, A., Merwade, V., (2009). Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping. *Journal of Hydrology*, 377(1-2), p. 131-142.
- Cramer, M., (2013). The UAV LGL BW project-a NMCA case study, 54th Photogrammetric Week, Institut für Photogrammetrie, Universität Stuttgart, pp. 165-179.
- Cryderman, C., Mah, S.B., Shufletoski, A., (2014). Evaluation of UAV Photogrammetric Accuracy for Mapping and Earthworks Computations. *GEOMATICA*, 68(4), p. 309-317.
- De Moel, H., Aerts, J., (2011). Effect of uncertainty in land use, damage models and inundation depth on flood damage estimates. *Natural Hazards*, 58(1), p. 407-425.
- De Roo, A., Van Der Knijff, J., Schmuck, G., Bates, P., (2000). A simple floodplain inundation model to assist in floodplain management. In: Maione, U., Lehto, B., Monti, R., Balkema, A. (Eds.), *New Trends in Water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible Solutions for Aquatic Environments*, Balkema, Rotterdam.
- Draeyer, B., Strecha, C., (2014). Pix4D White paper– How accurate are UAV surveying methods?
- Fernandez, P., (2015). Avaliação do risco de inundação em zonas urbanas coma integração de dados LiDAR e Cartografia a escala grande, Universidade de Évora, Évora, 239 pp.
- Fernandez, P., Gomes Pereira, L., Moreira, M., Gonçalves, G., (2015). Criação e Avaliação do Modelo Digital de Superfície de Escoamento para Elaboração das Cartas de Risco de Inundação, VIII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia (VIII CNCG), Informação Geoespacial para as Gerações Futuras – oportunidades e desafios, Amadora, Portugal.
- Fisher, P.F., Tate, N.J., (2006). Causes and consequences of error in digital elevation models. *Progress in Physical Geography*, 30(4), p. 467-489.
- Horritt, M.S., (2005). Parameterisation, Validation and Uncertainty Analysis of CFD Models of Fluvial and Flood Hydraulics in the Natural Environment. In: Paul D. Bates, S.N.L.R.I.F. (Ed.), *Computational Fluid Dynamics*, pp. 193-213.
- Horritt, M.S., Bates, P.D., (2001). Effects of spatial resolution on a raster based model of flood flow *Journal of Hydrology*, 253(1-4), p. 239-249
- Horritt, M.S., Bates, P.D., (2002). Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation. *Journal of Hydrology* 268, p. 87-99.
- Hunter, N.M., Bates, P.D., Neelz, S., Pender, G., Villanueva, I., Wright, N.G., Liang, D., Falconer, R.A., Lin, B., Waller, S., Crossley, A.J., Mason, D.C., (2008). Benchmarking 2D hydraulic models for urban flooding. *Water Management* 161(WM1), p. 13-30.
- Küng, O., Strecha, C., Fua, P., Gurdan, D., Achtelik, M., Doth, K.-M., Stumpf, J., (2011). Simplified building models extraction from ultra-light uav imagery. *ISPRS - Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci.* , XXXVIII-1/C22, p. 217-222.
- Merwade, V., Cook, A., Coonrod, J., (2008). GIS techniques for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping. *Environmental Modelling & Software*, 23(10-11), p. 1300-1311.
- Merz, B., Thielen, A.H., Gocht, M., (2007). Flood Risk Mapping At The Local Scale: Concepts and Challenges Flood Risk Management in Europe. In: Begum, S., Stive, M.J.F., Hall, J.W. (Eds.). *Advances in Natural and Technological Hazards Research*. Springer Netherlands, pp. 231-251.
- Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, (2007). Directiva 2007/60/CE - Avaliação e gestão dos riscos de inundações. *Jornal Oficial da União Europeia*.
- Qin, R., Grün, A., Huang, X., (2013). UAV project – building a reality-based 3D model. *Coordinates* 9, p. 18-26.
- Schubert, J.E., Sanders, B.F., Smith, M.J., Wright, N.G., (2008). Unstructured mesh generation and landcover-based resistance for hydrodynamic modeling of urban flooding. *Advances in Water Resources*, 31(12), p. 1603-1621.
- Snavely, N., Seitz, S.M., Szeliski, R., (2008). Modeling the world from internet photo collections. *Int. J. Comput. Vision* 80, p. 189-210.
- Van der Sande, C.J., De Jong, S.M., De Roo, A.P.J., (2003). A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(3), p. 217-229.
- Wilson, M.D., (2004). Evaluating the effect of data and data uncertainty on predictions of flood inundation, University of Southampton, Southampton, 252 pp.
- Wilson, M.D., Atkinson, P.M., (2007). The use of remotely sensed land cover to derive floodplain friction coefficients for flood inundation modelling. *Hydrological Processes*, 21(26), p. 3576-3586.

#### CONTACTOS

Paulo FERNANDEZ: palex@ipcb.pt

Luísa GOMES PEREIRA: luisapereira@ua.pt

Sandra MOURATO: sandra.mourato@ipleiria.pt

Madalena MOREIRA: mmvmv@uevora.pt



## **A GEORREFERENCIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS COMO SUPORTE À GESTÃO DO SERVIÇO PÚBLICO**

Rita ISIDRO

Departamento de Águas e Resíduos, Câmara Municipal do Barreiro

**RESUMO:** A georreferenciação do cadastro das infraestruturas geridas num município é uma realidade que se impõe dada a elevada expressão da sua dispersão territorial. A necessidade de gestão de um conjunto de bens e do serviço que prestam passa, obrigatória e primordialmente, pelo cadastro adequado dos mesmos – das infraestruturas e do serviço. A potenciação das possibilidades do cadastro digital georreferenciado abrange, não só, o registo e gestão de informação de caracterização física das infraestruturas, mas também a caracterização do serviço, do seu funcionamento e ineficiências, respetivas falhas e necessidades de intervenção, estado funcional, valor patrimonial, custos,... num manancial quase infinito de variáveis, apenas limitado pelo estado de evolução e capacidade de gestão dos próprios serviços.

**Palavras-chave:** infraestruturas, cadastro, serviço público, georreferenciação, decisão, optimização, coordenação.



## 1. INTRODUÇÃO

O município do Barreiro, desde 2011, tem vindo a melhorar substancialmente o seu cadastro georreferenciado de infraestruturas de águas, saneamento e resíduos.

Mas a verdade é que o trabalho preparatório vem de muito antes dessa data. Desde sempre o município cuidou do seu cadastro georreferenciado em desenhos em papel – de uma forma bastante organizada especialmente para o abastecimento de água.

Assim que a informática começou a ser uma ferramenta de trabalho nos serviços municipais, desde o início da década de 90, começou-se a transpor para desenho digital o cadastro. No início do presente século o município do Barreiro tinha os seus desenhos de cadastro digitalizados mas era muito difícil tratar, manipular e atualizar essa informação, porque não se tratava de um verdadeiro sistema de cadastro. Considerou-se por isso estratégico a constituição de um SIG, o que se implementou a partir de 2011.

## 2. CADASTRO DIGITAL GEORREFERENCIADO DE INFRAESTRUTURAS DE ÁGUAS, SANEAMENTO E RESÍDUOS

Atualmente, o município do Barreiro disponibiliza aos seus funcionários o cadastro digital georreferenciado de infraestruturas, através de um Sistema de Informação Geográfica – SIG AR (águas e resíduos). Promove a sua gestão através de aplicações monoposto/desktop, no serviço responsável pela sua manutenção. Promove a sua utilização disseminada, a todos os funcionários/estações de trabalho, em todos os serviços municipais – através da intranet, numa aplicação WEB based – WEBSIG AR.

A seguir lista-se um resumo das infraestruturas existentes cadastradas.

### Quantidade de contentores de Resíduos Urbanos cadastrados:

- Contentores de superfície - 18.285
- Contentores Enterrados - 136
- Oleões - 47
- Papeleiras - 920

Comprimento de rede de água: 308 km (quantidade de troços cadastrados: 7.423)

### Quantidade de ramais:

- Rede de Distribuição - 14.587
- Rede de Incêndio - 836
- Rede de Rega - 575

Quantidade de válvulas: 2.736

Quantidade de hidrantes (bocas de rega + marcos de incêndio):  $1.313 + 1.925 = 3.238$

Captações: 11; Reservatórios: 7

Comprimento de rede de saneamento doméstico: 157,5km

Comprimento da rede pluvial: 117,2km

Quantidade de caixas de visita e ramal: 18.674

### Rede de saneamento da alta (SIMARSUL/ADLVT):

- Comprimento de emissários e condutas elevatórias - 17,6km
- Quantidade de caixas - 404



(Entre muitos outros, por exemplo – delimitação de espaços verdes: 3.790 , pormenor de instalações – grupos de bombagem: 19 de águas e 14 de saneamento, etc.)

### 3. REGISTO DE ORDENS DE TRABALHO GEORREFERENCIADAS

Desde 07/10/2015 o município do Barreiro também procede ao registo georreferenciado de ORDENS DE TRABALHO, num sistema construído sobre o SIG AR, que complementarmente possibilita a sua utilização em sistema de mobilidade (o pessoal operacional recebe as ordens de trabalho num posto móvel, onde pode consultar o cadastro, simular o fecho de válvulas e registar todos os pormenores da intervenção).

São muitos os trabalhos que são registados diariamente:

**Águas e Saneamento** – uma média de 16 intervenções realizadas por dia (não estão incluídas as intervenções em contadores nem leituras dos mesmos – que têm um sistema de controlo próprio, ainda não georreferenciado);

**Resíduos** – uma média de 13 intervenções realizadas por dia (não estão incluídos os giros de recolha de RU).

Para além dos trabalhos realizados são também caracterizadas as falhas que ocorrem nas redes (e que portanto dão origem a (ordens de) trabalhos.

### 4. SIMULAÇÃO GEORREFERENCIADA DO FUNCIONAMENTO DAS REDES

Especialmente no abastecimento de água, o SIG do município do Barreiro incorpora em si os modelos de simulação hidráulica, acrescentando a esta ferramenta o conhecimento do funcionamento hidráulico, muito útil para, por exemplo, se identificarem as válvulas a fechar para isolar um determinado troço de rede – minimizando-o, e se identificar toda a área afetada por esse corte – caracterizando o impacto do mesmo, e, no futuro, avisando utilizadores afetados;

Outra das capacidades do SIG de redes de infraestruturas hidráulicas do município do Barreiro (águas e saneamento) é a possibilidade de exportação de dados para a sua utilização em modelos de simulação.

A modelação matemática das redes permite ainda o projeto (de alteração, remodelação ou expansão) e o apoio à gestão das mesmas, já que se pode simular previamente qualquer situação que se pretenda analisar e avaliar o seu impacto, promovendo a construção de soluções melhor fundamentadas.

A “análise de redes” disponibilizada nos SIG permite ainda, por exemplo, otimizar circuitos de recolha de resíduos ou de leituras de contadores (trabalho a realizar brevemente).

### 5. GEORREFERENCIAÇÃO DE CONSUMIDORES

Uma das possibilidades do SIG AR do município do Barreiro é a georreferenciação de utilizadores do serviço (instalações). Em cada ramal de água são conhecidos todos os consumidores ligados. Esta possibilidade favorece toda a gestão e relação com os utilizadores. Possibilitará num futuro próximo o aviso preventivo de ocorrências na rede de abastecimento de água aos consumidores afetados (alterações às condições normais de abastecimento de água, ou corte), ou o esclarecimento de situações “anómalas” à posteriori.

A georreferenciação das instalações e respetivos consumos possibilita a realização de balanços hidráulicos sectoriais – procedimento importante para a gestão dos sistemas, já que possibilita a gestão de perdas de água e a gestão de afluências ou descargas indevidas de águas residuais.

Esta capacidade deve-se ao facto de se ter implementado uma relação entre os sistemas – o SIG (ramais) e o Sistema de Faturação (consumo nos ramais): numa tabela de dados que contem a listagem de todos os consumidores é guardado, para cada um, o código do ramal a que está ligado.



## 6. TELEGESTÃO DE CAUDAIS E BALANÇO HÍDRICO GEORREFERENCIADO

Originariamente a telegestão foi implementada para apoiar a operação dos sistemas de captação, adução e reserva, possibilitando o controlo em tempo real dos sistemas promovendo o seu funcionamento automatizado. Com o tempo e o aumento da instrumentação e dos parâmetros controlados, a telegestão passou a recolher e compilar informação relevante para o planeamento e para a gestão otimizada dos sistemas.

Assim, os caudais medidos e registados na telegestão são agora utilizados para a realização de balanços hídricos.

No abastecimento de água, para além do consumo (“água que sai” da rede) controlado na relação do sistema de faturação com a georreferenciação no SIG - já explicado no ponto 5., é necessário conhecer a “água que entra” nos sistemas ou subsistemas de análise. Para isso a telegestão de caudais aduzidos aos sistemas e subsistemas das redes de abastecimento de água são um dado fundamental.

No saneamento a situação é inversa: o consumo traduz, neste caso, os afluentes ao sistema de drenagem, ou seja a água que entra. E a medição de caudais – na telegestão, determinará a “água que sai”.

No município do Barreiro a telegestão do abastecimento de água está bastante mais avançada do que a do saneamento – já que a primeira é, naturalmente, o serviço mais dinâmico e crítico para garantir a qualidade de vida na cidade. No entanto, o controlo dos caudais de saneamento é uma realidade em que se pretende investir a curto médio prazo para garantir a otimização dos sistemas.

No abastecimento de água a rede está dividida em pequenos subsistemas de controlo e análise – 20 ZMC (zonas de medição e controlo), para possibilitar a otimização mais “refinada” das redes, circunscrevendo o mais possível a caracterização do funcionamento da rede para possibilitar desse modo a evidenciação de problemas.

No saneamento a rede está dividida em 11 subsistemas – o se pretende vir a discretizar e conhecer cada vez melhor.

## 7. VALOR PATRIMONIAL E CUSTOS DE INTERVENÇÃO NAS INFRAESTRUTURAS, GEORREFERENCIADOS

Com a implementação da contabilidade de custos e com a atualização do inventário patrimonial das infraestruturas de águas e saneamento do município, em 2014/2015, aproveitou-se essa oportunidade para discretizar por subsistema todos os órgãos das redes de infraestruturas. Essa opção permite agora a análise do estado do seu património localmente (por subsistema), comparando e avaliando necessidades de reabilitação e investimento.

Como o sistema de contabilidade de custos também obedece à mesma discretização é possível saber custos de intervenção (pessoal, máquinas e materiais) por subsistema, assim como outros tipos de custo – por exemplo energia, ou o valor da depreciação dos bens.

Com o tempo, e a consolidação dos sistemas recentemente implementados, pretende-se passar a analisar os custos das intervenções não só por subsistema, mas por qualquer outra perspetiva que se considere pertinente, já que as ordens de trabalho georreferenciadas também procedem ao apuramento de custos de cada intervenção.

Assim podem-se analisar os diferentes custos/valores dos diferentes tipos de intervenção/infraestruturas e agir por forma a otimizá-los.

## 8. CONCLUSÕES

O cadastro é a única forma de registar e conhecer os bens que se gerem. Dada a expressão territorial das infraestruturas de águas, saneamento e resíduos, e dos respetivos serviços prestado, o Sistema de Informação Geográfica é a única forma de criar e manter atualizado o cadastro destas infraestruturas.



O registo georreferenciado de ordens de trabalho permite a determinação completa dos custos diretos de cada intervenção, do local e da rede onde ocorreram e tem potenciado:

- uma atualização do cadastro mais efetiva;
- uma melhor gestão/planeamento dos trabalhos e do seu controlo em geral;
- a caracterização das falhas nas redes - o que possibilita uma análise mais eficaz de desempenho/custo/risco, promovendo o suporte à decisão (de gestão, manutenção e reabilitação) muito mais fundamentado.

Pela experiência do município do Barreiro, parece-nos que as questões mais relevantes para o sucesso da construção e manutenção de sistemas de informação georreferenciados são: a sua construção adaptada à realidade da atividade em causa, a sua atualização constante, e a coordenação com os restantes sistemas de informação relacionados.

De uma forma geral pode dizer-se que a georreferenciação possibilita a análise global e local dos sistemas e dos serviços prestados, promovendo uma ação menos reativa e mais preditiva, racional e organizada e, acima de tudo mais económica, construída para dar resposta aos padrões de qualidade que se pretendem elevados: bom serviço público – boa gestão pública.

#### CONTACTOS

Rita ISIDRO: [rita.isidro@cm-barreiro.pt](mailto:rita.isidro@cm-barreiro.pt)

Câmara Municipal do Barreiro: [www.cm-barreiro.pt](http://www.cm-barreiro.pt)



## SISTEMA INTEGRADO DE MONITORIZAÇÃO E DE APOIO À GESTÃO E DECISÃO – CASO DE ESTUDO HERDADE DA CONTENDA

Lia DUARTE<sup>1,2</sup>, Ana Cláudia TEODORO<sup>1,2</sup>, Neftalí SILLERO<sup>3</sup>, José Alberto GONÇALVES<sup>1,4</sup>, João FONTE<sup>3</sup>, Luís GONÇALVES-SECO<sup>3,5</sup>, Luís Miguel PINHEIRO DA LUZ<sup>6</sup>, Nuno dos SANTOS BEJA<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território (DGAOT), Faculdade de Ciências, Universidade do Porto

<sup>2</sup> Instituto de Ciências da Terra (ICT), Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua Campo Alegre, 4169-007, Porto

<sup>3</sup> Centro de Investigação em Ciências Geo-Espaciais (CICGE), Faculdade de Ciências, Univ. do Porto, Observatório Astronómico Prof. Manuel de Barros, Alameda do Monte da Virgem, 4430-146 Vila Nova de Gaia

<sup>4</sup> Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research (CIIMAR), Universidade do Porto

<sup>5</sup> ISMAI – University Institute of Maia, Av. Carlos Oliveira Campos, 4475-690 Avioso S. Pedro

<sup>6</sup> Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Beja, Rua Pedro Soares, 7800-295 Beja

**RESUMO:** O Square Kilometre Array (SKA), que tem como principal objetivo resolver as maiores questões no campo da astronomia, será o maior telescópio do mundo. É um projeto que irá testar os limites da engenharia e impulsionar significativamente o conhecimento científico na próxima década. O telescópio será globalmente distribuído com a instalação de milhares de antenas e telescópios. No âmbito da participação de Portugal no projeto, foi sugerida uma zona no Alentejo - a Herdade da Contenda - que reúne as condições adequadas à sua instalação. A Herdade da Contenda é uma zona protegida, zona de Caça Nacional e Perímetro Florestal. Por esses motivos, antes da instalação das infraestruturas do projeto, foi desenvolvida uma ferramenta de ajuda no apoio à decisão, de forma a tentar minimizar o impacto no ecossistema e na paisagem. A ferramenta está a ser desenvolvida, em Python, em ambiente SIG open source, como um sistema integrado de monitorização e de apoio à gestão e decisão. Esta ferramenta incorpora vários métodos que permitem a criação de vários mapas, como sejam, mapas de risco de incêndio florestal, erosão dos solos, vulnerabilidade das águas subterrâneas, assim como disponibiliza a visualização do mapa de uso e cobertura do solo, mapa do índice de vegetação (NDVI), cálculo e apresentação dos índices bioclimáticos, entre outras variáveis. A informação geográfica disponibilizada terá um papel primordial nas tomadas de decisão no âmbito deste projeto.

**Palavras-chave:** SIG, SKA, NDVI, decisão, monitorização, Python

**ABSTRACT:** *The Square Kilometre Array (SKA) is a very ambitious project of international collaboration that will solve some of the biggest issues remaining in the field of Astronomy. It will be the biggest telescope of the world and will test the engineering limits and boost scientific knowledge in the next decade. It will be globally distributed with several antennas and telescopes. In the framework of the Portuguese participation, a site with the perfect conditions was suggested in Alentejo, the Herdade da Contenda. This site is a protected zone, National Hunt zone and Forestry Perimeter. Given this reason, before any infrastructure was deployed, it was developed a decision helping tool which allows to minimise the impact in the ecosystem and landscape. A tool under GIS environment and Python language was developed, as an integrated management system of decision helping. This tool incorporates several methods which allows the creation of several maps, such as forestry risk map, erosion map, groundwater vulnerability map, and provides the visualisation of Land Use Land Cover (LULC) map, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) map, the calculation and representation of bioclimatic indexes, among other variables. The geographic information will help in decision-making in SKA project.*

**Keywords:** GIS, SKA, NDVI, decision-making, management, Python





## 1. INTRODUÇÃO

O Square Kilometer Array (SKA) será o maior telescópio do mundo que deverá ficar pronto em 2017. Este projeto irá testar os limites da engenharia e do conhecimento científico na próxima década. O SKA tem como principal objetivo resolver as maiores questões no campo da astronomia, como, por exemplo, ter a capacidade para revelar o nascimento das primeiras galáxias, detetar colisões entre buracos negros e até recolher provas do processo de formação de planetas noutros sistemas solares. O SKA apresentará elevada resolução permitindo a cartografia das proto-estruturas que deram origem às primeiras estrelas no Universo [Herdade da Contenda, 2016; SKA Portugal, 2015]. No âmbito da participação de Portugal no projeto, foi sugerida uma área no Alentejo, a Herdade da Contenda (HC), que reúne as condições adequadas à sua instalação: baixos níveis de radio-interferência, disponibilidade de área, espectro radioelétrico limpo, custos do desenvolvimento das infra-estruturas bastante atrativos e excelentes condições iónicas e troposféricas, além das elevadas temperaturas e grande período de exposição solar [Herdade da Contenda, 2016; SKA Portugal, 2015]. A instalação envolverá aproximadamente doze antenas de radioastronomia (receptores apenas) não móveis (aperture arrays) onde cada estação terá um diâmetro de aproximadamente 12 metros. Todas as estações serão controladas remotamente, pelo que os acessos são apenas para a fase de instalação e manutenção, e exigem alimentação elétrica e comunicações. A HC é uma zona protegida, zona de Caça Nacional e Perímetro Florestal. Por esses motivos, antes da instalação das infraestruturas do projeto, deve ser efetuada uma análise e avaliação dos locais com melhores condições à instalação das infraestruturas. Esses locais devem apresentar determinadas características de forma a que a interferência com o ecossistema e o ambiente do local seja mínima. Os software de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são usualmente utilizados para manipulação, aquisição de dados e produção de mapas que permitem auxiliar na tomada de decisão. Alguns estudos foram já elaborados com recurso a ferramentas SIG de forma a identificar os melhores locais de acordo com determinados critérios. Motlagh e Sayadi [2015] utilizaram a análise multicritério, Combinação Linear Pesada e Média de Pesos Ordenados (MPO) combinados com outros fatores como, por exemplo, declives, solos, Land Use Land Cover (LULC), entre outros de forma a selecionar um local para um aterro. Estes métodos foram incorporados num software SIG e concluíram que o método MPO foi o que apresentou maior potencial e flexibilidade na modelação e tomada de decisões. Feizizadeh e Blaschke [2013] investigaram uma solução ótima para recursos do solo apropriados à produção de agricultura através de um método de decisão multicritério baseado em SIG e através do método Analytical Hierarchical Process (AHP). Os resultados foram fornecidos aos municípios e foram utilizados no ordenamento do território e nos planos estratégicos. Outros estudos que utilizaram diversos métodos de decisão multicritério através de software SIG foram também realizados [Higgs et al., 2008; Aydi et al., 2016]. No entanto, os estudos indicados foram todos realizados em software SIG proprietário.

De forma a decidir o melhor local para a instalação do SKA, a versão prévia da aplicação integrada de monitorização ambiental proposta em Teodoro et al. [2015] foi aperfeiçoada com uma nova ferramenta de ajuda no apoio à decisão de forma a minimizar o impacto do projeto no ecossistema e na paisagem. A ferramenta foi desenvolvida em Python, em ambiente SIG open source, de forma a que a aplicação constitua um sistema integrado de monitorização e de apoio à gestão e decisão sem custos acrescidos. A aplicação incorpora vários métodos que permitem a criação de vários mapas, como sejam, mapas de risco de incêndio florestal, erosão dos solos, vulnerabilidade das águas subterrâneas, assim como disponibiliza a visualização do mapa de uso e ocupação dos solos, mapa do índice de vegetação (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI), cálculo e apresentação dos índices bioclimáticos, entre outras variáveis. A informação geográfica disponibilizada terá um papel primordial nas tomadas de decisão no âmbito deste projeto.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Caso de estudo: Herdade da Contenda

A HC situa-se no extremo ocidental da Serra Morena, na Freguesia de Santo Aleixo da Restauração, concelho de Moura, distrito de Beja. A HC, também conhecida por Contenda de Moura, resulta de uma propriedade inicialmente com uma área superior a 12 mil hectares. É considerada zona de Caça Nacional e Perímetro Flo-



restal, onde a flora e fauna são ricas e variadas. A área da HC encontra-se integralmente inserida numa Zona de Proteção Especial e 85% desta integrada no Sítio da Rede Natura 2000 [Herdade da Contenda, 2016]. Segundo o Plano de Gestão Florestal do Perímetro Florestal da Contenda [PGFPFC; Autoridade Florestal Nacional (AFN), 2009], a HC encontra-se em duas zonas: a zona Ibero-mediterrânea (12% da área da Contenda) e a zona Submediterrânea x Iberomediterrânea (88% da sua área). A primeira zona caracteriza-se pelo domínio exclusivo de azinheira e a segunda é classificada como sobericola-ilicícola. O clima da HC é caracterizado como sendo sub-húmido, húmido com baixos valores de precipitação no verão. Ainda segundo o PGFPFC [AFN, 2009], a precipitação média anual é de 729,5 mm/ ano. De forma a testar as novas funcionalidades e metodologias incorporadas na aplicação, alguns mapas foram criados para que fosse feita uma avaliação prévia das condições favoráveis à instalação do SKA: mapa de risco de incêndio florestal, mapa de erosão, superfícies interpoladoras do registo e ocorrência de latrinas e carnívoros, mapa da vulnerabilidade das águas subterrâneas e algumas técnicas de visualização foram testadas para identificação de património arqueológico. Tendo em conta que a decisão final dependerá de vários critérios e passará por diversas fases de análise, nas secções seguintes são apresentados os procedimentos adotados e a produção de alguns mapas que irão incorporar o modelo de apoio à decisão.

## 2.2. Dados

Alguns mapas foram obtidos na versão prévia desta ferramenta, tais como a ortofoto da região de estudo, o mapa do NDVI, o mapa de ocupação e uso dos solos, e o Modelo Digital do Terreno (MDT) [Teodoro et al., 2015]. Os restantes mapas que poderão entrar no modelo de apoio à decisão e que são gerados pela aplicação, foram também obtidos com base em dados de campo (quando aplicável) e em dados obtidos através de outras fontes. Para além dos dados obtidos em campo, foram utilizados: a Folha 8 da Carta Geológica de Portugal à escala 1/200 000; o ficheiro vetorial da Carta de Ocupação do Solo 2007 (COS2007); os valores de vulnerabilidade e valores económicos referentes à zona de estudo obtidos com base no Plano Municipal de Defesa Florestal Contra Incêndios de Barrancos [PMDFCI; PMDFCI, 2016] (devido à lacuna de dados reais a que os autores não tiveram acesso); o mapa de declives a partir do MDT; um conjunto de dados em formato vetorial das áreas ardidas com um período temporal de 24 anos (1990-2013) obtidas através do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas [ICNF; ICNF, 2016] com o registo da ocorrência de incêndios florestais apenas em dois anos, 2001 e 2002 para a HC, respetivamente junto à malhada do Pita (37.9 ha) e o outro próximo do posto da Guarda Fiscal do Malhão (35.17 ha) em 2001 e dois incêndios junto ao Monte do Touril das Cruzes com 35.0 e 47.0 ha em 2002; informação meteorológica derivada da estação do Alentejo (Redondo) de um conjunto de 27 anos (1981-2008); e a carta dos solos que foi obtida a partir do PGFPFC [AFN, 2009], referindo que a HC é caracterizada por litossolos na sua grande maioria. Litossolos, são solos esqueléticos de xisto ou grauvaque que são solos incipientes de espessura normalmente inferior a 10 cm, devido à atuação dos fenómenos de erosão [AFN, 2009]. Devido a este facto são classificados como não tendo aptidão agrícola e por isso serem objeto de medidas de conservação. Os dados foram obtidos, gerados ou projetados no sistema ETRS89 PTTM06 com uma resolução espacial de 10 m.

## 2.3. Sistema integrado de monitorização e de apoio à gestão e decisão

A versão prévia desta aplicação [Teodoro et al., 2015] foi desenvolvida em ambiente SIG open source, no software QGIS e está a ser aperfeiçoada com o desenvolvimento de um novo módulo que permitirá fazer a monitorização e gestão dos vários fatores ambientais na HC. A ferramenta está a ser desenvolvida através da linguagem Python, que é também uma linguagem de programação livre e open source. A ferramenta foi desenvolvida com recurso às bibliotecas ou Application Programming Interfaces (APIs) do QGIS, tais como QGIS API, PyQt4 API, Geospatial Data Abstraction Library (GDAL)/OGR e outras bibliotecas pertencentes ao Python [QGIS, 2016; PyQt4, 2016; GDAL/OGR, 2016; Python, 2016]. Algoritmos pertencentes à framework Processing Toolbox (do QGIS), principalmente da biblioteca GRASS e SAGA, foram também utilizados nas diferentes funcionalidades [GRASS, 2016; SAGA, 2016]. A aplicação é constituída por um botão que permite abrir uma janela de visualização onde são apresentadas as diferentes camadas de informação. A coluna Layers apresenta as camadas de informação e possibilita a inversão da ordem de visualização, e o desligar/



ligar das camadas. A janela da aplicação é também composta por doze menus (File, DRASTIC, Forest Fire Risk, RUSLE, Bioclimatic Index, Cultural Heritage, Fauna and Flora, Ortophoto, NDVI, DEM, LULC e Help). Para além dos menus, alguns botões foram criados, por exemplo, Pdf (criação de um ficheiro pdf com informação da tabela de atributos, Print (criação de um mapa de impressão), Zoom In, Zoom Out, Pan (permite movimentar o mapa) e Clear (permite eliminar todas as camadas da área de desenho). Todos os ficheiros abertos na área de desenho e adicionados à coluna Layers permitem a troca de posição entre si e incorporam algumas ações sobre cada ficheiro: possibilidade de consultar os valores da extensão do ficheiro, de remover o ficheiro da área de desenho e consecutivamente da coluna das Layers e fazer zoom sobre a extensão do ficheiro. De forma a incorporar estas conexões aos ficheiros que são adicionados, foi utilizada a QGIS Layer Tree API, que é definida por uma estrutura hierárquica composta por dois tipos de nós: ficheiros em formato vetorial e grupos. Tendo em conta que esta estrutura pertence à biblioteca Core do QGIS API, a visualização da estrutura é feita através do Qt Model/View overview, uma Qt framework [PyQt4, 2016]. Esta framework e respetivas funções permitem conectar uma série de informação/ dados a uma interface gráfica de forma hierarquicamente estruturada. A Figura 1 apresenta a parte superior da aplicação com os menus, os botões, a coluna Layers e respetivamente as conexões que são permitidas sobre cada ficheiro.

Os menus criados são importados a partir do código principal desenvolvido para a janela gráfica (Plano\_window.py). O menu File permite abrir um ficheiro em formato vetorial ou raster fazendo a leitura do ficheiro através de funções e classes tais como QgsRasterLayer e QgsVectorLayer [QGIS API, 2016]. A aplicação reconhece imediatamente o formato dos ficheiros a abrir. O menu DRASTIC permite criar um mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas a partir de uma série de mapas criados previamente e que incluem variáveis tais como condutividade hidráulica, precipitação, informação geológica, entre outras. O modelo aqui adotado foi o DRASTIC [Duarte et al., 2015]. O menu Forest Fire Risk (FFR) permite a criação do mapa de perigosidade e risco de incêndio florestal incluindo diversas variáveis tais como os declives, a probabilidade de ocorrência de incêndios num determinado período, os valores de vulnerabilidade e valores económicos do solo, entre outras [Teodoro e Duarte, 2013]. O menu RUSLE permite criar um mapa de risco de erosão dos solos que auxilia na previsão de perda de solo ou erosão. Tal como nos casos anteriores, no modelo RUSLE entram variáveis como precipitação, declives, cobertura do solo, dados meteorológicos, entre outros [Teodoro et al., 2015]. O menu Bioclimatic Index permite calcular os índices bioclimáticos e fornecer essa informação através de uma tabela em formato png. Nesta funcionalidade foi criado um botão que permite importar a informação acerca dos índices bioclimáticos já calculados e presentes no PGFPFC [AFN, 2009]. A importação do ficheiro é feita através da função subprocess pertencente à biblioteca Python. A tabela final é criada com uma determinada estrutura e é guardada com o formato pdf, utilizando funções da biblioteca matplotlib. O menu Cultural Heritage incorpora várias técnicas de visualização que permitem criar diferentes mapas onde é possível fazer a identificação de potenciais elementos arqueológicos. Várias funções da biblioteca SAGA são incorporadas neste menu, particularmente o algoritmo Sky View Factor combinado com o Analytical Hillshading, algoritmos da biblioteca SAGA [Teodoro et al., 2015; SAGA, 2016]. O menu Fauna and Flora permite a visualização das amostras de latrinas e carnívoros obtidas no verão e no inverno através de ficheiros de pontos. Este menu foi melhorado com uma nova funcionalidade, Abundance Model que permite a criação de uma superfície interpolada das amostras. Nesta funcionalidade é criada uma grelha com a extensão da área de estudo e com o espaçamento definido pelo utilizador. São contadas as ocorrências das espécies em cada quadrícula e são determinados os centróides também em cada quadrícula. A junção do número de espécies ao centróide mais próximo permitirá a interpolação através do método Inverse Distance Weighting (IDW), gerando uma superfície contínua na área de estudo. O objetivo da aplicação é ajudar a tomar decisões orientadas à conservação. No caso da fauna, é importante saber onde se situam os animais e no caso de mamíferos, a presença e abundância de muitas espécies é feita através de quantificação de latrinas. No entanto, a informação pontual não é suficiente para tomar decisões de conservação, especialmente se for escassa. Assim, a superfície interpolada proporcionará informação sobre a abundância potencial dessa espécie em toda a área de estudo.

Os restantes menus (Ortophoto, NDVI, DEM e LULC) são incorporados com os mapas definidos para a área de estudo [Teodoro et al., 2015]. O menu Help disponibiliza um texto auxiliar para que qualquer utilizador conheça o funcionamento da aplicação. Os mapas criados pelos métodos apresentados e/ou os mapas disponibilizados na aplicação podem ser utilizados como ficheiros de entrada no modelo de apoio à decisão de



forma a identificar as zonas com as condições ideais para a implementação do SKA na HC. Com base em métodos de decisão multicritério é possível o desenvolvimento de um novo menu que permita a identificação das melhores zonas. Este novo menu é composto por uma janela que permite ao utilizador decidir quais os fatores eliminatórios (caso existam) adicionando um diretório com os mapas que entram na decisão final, e, numa segunda janela indicar os pesos associados a cada critério. Após atribuir os pesos, a ferramenta divide o valor atribuído a cada mapa pela soma de todos os pesos. No final esse valor é multiplicado pelo mapa respetivo. Tendo em conta o facto da HC ser uma área protegida, a decisão a tomar deve ter em conta várias etapas segundo o esquema seguinte (Figura 2).



Figura 1- Interface gráfica da aplicação

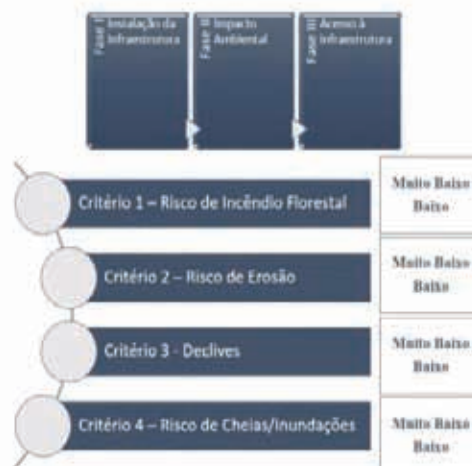


Figura 2- Critérios a considerar na tomada de decisão

De acordo com a Figura 2, a decisão certa deve ser tomada tendo em consideração i) a segurança e estabilidade da instalação da infraestrutura do SKA ii) a segurança e minimização dos impactos ambientais que a infraestrutura poderá incorrer na área de estudo e iii) por último a decisão tendo em conta o acesso à infraestrutura, apesar desta ser projetada para ser utilizada remotamente, será necessária a sua instalação e manutenção.

Numa primeira fase, quatro critérios são fundamentais i) o risco de incêndio florestal, ii) o risco de erosão, iii) o risco de cheias/ inundações e iv) os declives deverão também ser baixos ou muito baixos, dado que a instalação das estações deverá ser num espaço plano e, preferencialmente com zonas de relevo na sua envolvente. Haverá também possibilidade de terraplanagem e movimentação de terras. Cada uma das estruturas terá um diâmetro de 12 metros (algumas poderão ser mais extensas e ocupar cerca de 1000 m<sup>2</sup>), não possuem partes móveis, são leves (essencialmente alumínio) e elevam-se a pouca altura acima do solo (1 metro).

O Quadro 1 apresenta os intervalos considerados no caso de estudo, tendo em conta três fatores: risco de incêndio florestal, risco de erosão e declives.

Quadro 1 - Intervalos considerados para os fatores de risco

	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Risco de incêndio florestal (%)	<117.79	[117.79; 125.85[	[125.85; 254.76[	[254.76; 359.50[	≥359.50
Risco de erosão (ton km <sup>-2</sup> ano <sup>-1</sup> )	<2.33	[2.33; 4.78[	[4.78; 8.27[	[8.27; 14.61[	≥14.61
Declives (%)	<12.53	[12.53; 19.50[	[19.50; 27.08[	[27.08; 36.15[	≥36.15



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos menus referidos anteriormente, foram criados alguns mapas que foram utilizados como ficheiros de entrada para o modelo de apoio à gestão e decisão no âmbito da instalação do SKA na HC. Na Figura 3 encontram-se os mapas principais e algumas variáveis que poderão ser utilizadas no modelo.

De acordo com os resultados obtidos e tendo em conta o primeiro critério, o risco de incêndio florestal, cerca de 56% da área é classificada com risco baixo ou muito baixo e localiza-se sobretudo na faixa central no decorrer da Ribeira de Murtigão e na zona Norte da Contenda. As zonas de risco muito elevado e risco elevado, apresentam cerca de 2.2% e 32.6% da área da zona de estudo, respetivamente. De acordo com o histórico das áreas ardidadas, em 24 anos, apenas se registaram ocorrências em 2001 e 2002 correspondendo às zonas classificadas com risco muito elevado, localizadas no norte e perto da faixa central. Pode-se também observar que as zonas com risco de incêndio elevado correspondem a zonas com declives mais acentuados que se encontram no sul da HC. No âmbito do PGFPFC, foi realizada uma análise SWOT onde este fenómeno foi identificado como uma ameaça [AFN, 2009]. O resultado obtido pela aplicação está de acordo com a informação do risco de incêndio apresentado no PGFPFC, onde as zonas classificadas com elevado risco localizam-se sobretudo na Contenda Sul, sendo que na Contenda Norte o risco é baixo devido à exploração da pastorícia que é desenvolvida na área. Quanto aos declives, pode-se concluir que, 38.4% da zona de estudo foi classificada com valores muito baixos ou baixos de declives, especialmente na zona Norte da HC.

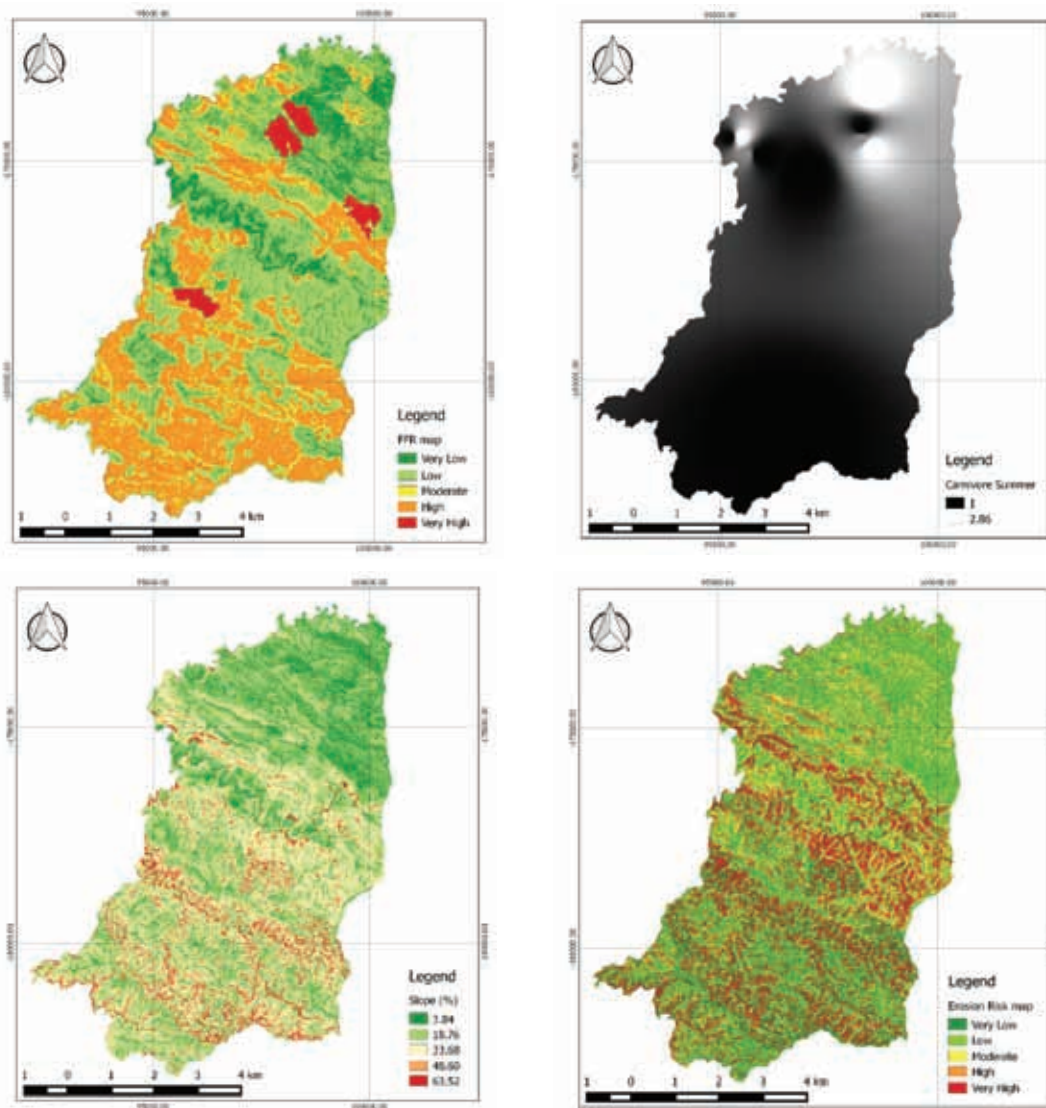


Figura 3 – a) Mapa de risco de incêndio florestal; b) Mapa dos carnívoros no Verão; c) Mapa dos declives; d) Mapa da erosão do solo



Quanto ao fenómeno da erosão, as zonas de erosão do solo localizam-se sobretudo na parte central e Sul da Contenda e representam uma pequena porção da área (13.9%) classificada com elevado risco de erosão. Apesar do tipo de solo ser suscetível à erosão, o pequeno volume de precipitação na zona e a plantação de azinheiras podem justificar o reduzido risco de erosão no Norte. De acordo com o PGFPFC [AFN, 2009], na análise SWOT efetuada, a desertificação foi identificada como uma ameaça. A desertificação é caracterizada pela degradação do solo como resultado da influência de diversos fatores. No entanto, de acordo com o mesmo documento, destacam-se medidas de prevenção tais como: mobilizar o menos possível o solo entre as linhas, promover a utilização de corta-matos no controlo da vegetação, privilegiar sistemas mistos, agro-silvopastoris e utilizar o pinheiro manso como espécie pioneira com funções de proteção [AFN, 2009].

A HC está integralmente inserida numa Zona de Proteção Especial e 85% integrada no Sítio da Rede Natura 2000, assim sendo é crucial manter segura a fauna que a caracteriza. No futuro, para além da ocorrência de carnívoros, também será tido em conta a ocorrência de predadores que possam afetar a escolha da localização do equipamento de forma a minimizar o impacto na fauna da Herdade. Assim sendo a infraestrutura não deverá interferir com as atividades dos predadores. Se o local tem importância para as populações de predadores terá um peso menor relativamente a outros locais onde o impacto seja menos negativo. A ferramenta de apoio à decisão foi também testada, sendo simulado um cenário onde foram atribuídos diferentes pesos aos fatores risco de incêndio florestal, risco de erosão e declives, respetivamente peso 3, 2 e 1. De acordo com os pesos atribuídos foi criado um mapa de apoio à decisão (Figura 4). A ferramenta pode ser modificada de forma a testar novos cenários, bastando alterar os pesos atribuídos a cada fator.

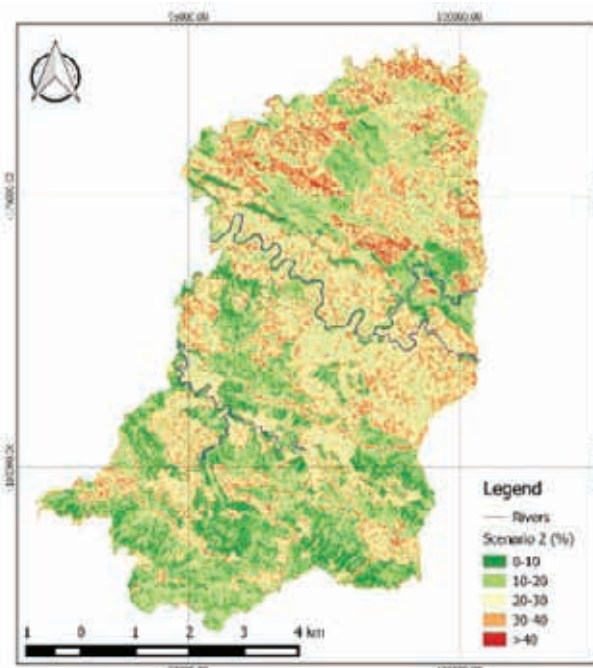


Figura 4- Mapa de apoio à decisão, de acordo com os pesos considerados

Tendo em conta o mapa final gerado pela ferramenta e com base nos fatores apresentados, pode ser concluído que os melhores locais para instalação da infraestrutura estão situados na Contenda Norte, onde o risco é menor. No mapa final, 4.89 km<sup>2</sup> da área total representa as zonas mais adequadas à instalação. Outros critérios podem ser avaliados e incluídos no modelo.



#### 4. CONCLUSÕES

A aplicação criada incorpora vários métodos e ferramentas que permitem produzir mapas, fazer análises e cálculos de valores. Os mapas criados auxiliam no módulo de apoio à decisão na medida em que, através de condições impostas pelo decisor, a informação relevante do mapa é analisada e relacionada com outros temas, permitindo assim a criação de um mapa final com as zonas ideais à instalação da infraestrutura do SKA, minimizando os impactos ambientais, físicos ou até relativos à própria estrutura do SKA. As zonas são identificadas e avaliadas pelo decisor. O módulo permite a modificação dos critérios de forma a testar vários cenários. Foi simulado um cenário e concluiu-se que, de forma a minimizar o risco dos fatores envolvidos, os locais mais adequados para a instalação da infraestrutura situam-se na Contenda Norte. Diferentes cenários podem ser testados envolvendo outras variáveis. Futuramente será também adicionado à aplicação um menu que permita estimar/simular o risco de cheias ou inundações. Relativamente ao projeto SKA as duas fases seguintes serão também avaliadas de forma a ter em conta não apenas os fatores que possam interferir na instalação da infraestrutura mas também que possam afetar a paisagem, ou seja, o impacto ambiental. Nesta fase entrarão os fatores de análise da ocorrência dos carnívoros e das latrinas, poderá entrar também uma análise da fauna e da flora considerando este fator com um peso maior. E, numa terceira fase de decisão, será tido em conta o acesso à infraestrutura. Nesta fase deverão ser tidas em conta as estratégias de custo, as interferências rádio e a vulnerabilidade das águas subterrâneas. Assim, nesta primeira fase são apenas determinados os locais onde a intervenção na paisagem será menor. Na HC ocorrem regularmente trabalhos ligados à manutenção das vias de acesso, pelo que a parte ligada a aterros poderá ser enquadrada na gestão que se faz nesse âmbito. Outras ferramentas serão implementadas tais como a identificação dos pontos de interesse cinegético, um módulo de ambiente radioelétrico, levantamento futuro de dados LiDAR, e uma ferramenta que permita estimar as estratégias de mitigação, por exemplo dos fogos florestais. O estudo do impacto sobre as azinheiras poderá também ser relevante no âmbito deste estudo, tendo em conta o facto de ser uma espécie protegida. A aplicação será complementada de forma a produzir variáveis complexas que possam ajudar no apoio à decisão. O facto de ser desenvolvida em ambiente livre e em código aberto, permite adaptá-la a outras zonas naturais e/ou protegidas com outras características que pretendam aceder a um modelo complexo de apoio à decisão com determinados critérios bem especificados. A aplicação será livremente disponibilizada.



## REFERÊNCIAS

- AFN, (2009). Plano de Gestão Florestal – Perímetro Florestal da Contenda. Autoridade Florestal Nacional, p 206.
- Aydi, A., Abichou T., Nasr, I.H., Louati, M., and Zairi, M. (2016). Assessment of land suitability for olive mill wastewater disposal site selection by integrating fuzzy logic, AHP, and WLC in a GIS. *Environ Monit Assess*, 187 (12), p. 188-59.
- Duarte, L., Teodoro, A. C., Gonçalves, J.A., Guerner Dias, A.J., Espinha Marques, J., (2015). A dynamic map application for the assessment of groundwater vulnerability to pollution. *Environmental Earth Sciences*, 74(3), p. 2315-2327.
- Feizizadeha, B., e Blaschkea, T. (2014). An uncertainty and sensitivity analysis approach for GIS-based multicriteria landslide susceptibility mapping. *International Journal of Geographical Information Science*, 28 (3), p. 610-638.
- GDAL, (2016). Geospatial Data Abstraction Library, at URL: <http://www.gdal.org/> (consultado em 2015.02.04).
- GRASS GIS, (2016). The world's leading Free GIS software, at URL: <http://grass.osgeo.org/> (consultado em 2015.02.04).
- Herdade da Contenda (2016), at URL: <http://herdadedacontenda.pt/projectos.php> (consultado em 2016.01.21).
- Higgs, G., Berry, R., Kidner, D., e Langford, M. (2008). Using IT approaches to promote public participation in renewable energy planning: prospects and challenges. *Land use policy*, 25 (4), p. 596-607.
- ICNF, (2016). Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, at URL: <http://www.icnf.pt/portal> (consultado em 2016.01.22).
- Motlagh, Z.K., e Sayadi, M.H. (2015). Siting MSW landfills using MCE methodology in GIS environment (Case study: Birjand plain, Iran). *Waste Management*, 46, p. 322-337.
- PMDFCI, (2010). Comissão Municipal da Defesa da Floresta Contra Incêndios. Plano Municipal da Defesa da Floresta Contra Incêndios de Barrancos. Associação de Produtores da Floresta Alentejana, p. 244.
- PyQt4 API, (2016). PyQt Class Reference, at URL: <http://pyqt.sourceforge.net/Docs/PyQt4/classes.html> (consultado em 2015.02.04).
- Python, (2011). Python Programming Language, at URL: <http://python.org/> (consultado em 2015.02.04).
- QGIS API, (2013). QGIS API Documentation, at URL: <http://www.qgis.org/api/> (consultado em 2015.02.04).
- SAGA, (2016). SAGA-GIS Module Library Documentation, at URL: [http://www.saga-gis.org/saga\\_module\\_doc/2.1.3/ta\\_lighting\\_3.html](http://www.saga-gis.org/saga_module_doc/2.1.3/ta_lighting_3.html) (consultado em 2015.02.04).
- SKA Portugal. Square Kilometer Array: A explorar o Universo com o maior telescópio do mundo, at URL: <http://portugal.skatelescope.org/> (consultado em 2016.01.21).
- Teodoro, A.C., e Duarte, L., (2013). Forest Fire risk maps: a GIS open source application—a case study in Norwest of Portugal. *Int J Geogr Inf Sci*, 27(4), p. 699-720.
- Teodoro, A., Duarte, L., Sillero, N., Gonçalves, J.A., Fonte, J., Gonçalves-Seco, L., Pinheiro da Luz, L.M., e dos Santos Beja, L.M.R. (2015). An integrated and open source GIS environmental management system for a protected area in the south of Portugal, Proc. SPIE 9644, *Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications VI*, 96440U.
- Oliveira, J.T, 1992. Carta Geológica de Portugal Escala 1/200 000 Notícia explicativa da Folha 8. Direcção Geral de Geologia e Minas. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 1-91.

## CONTACTOS

Lia DUARTE: [liaduarte@fc.up.pt](mailto:liaduarte@fc.up.pt)





## ANÁLISE DA GEOGRAFIA DA VULNERABILIDADE E DA MUDANÇA NO SECTOR TURÍSTICO PORTUGUÊS

Raquel SARAIVA<sup>1</sup>, João LUTAS CRAVEIRO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil

**RESUMO:** O desenvolvimento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e a sua difusão nas diferentes áreas de atividade tem vindo a proporcionar possibilidades acrescidas de análise espacial que em muito ampliam o conhecimento disponível e a rapidez e a qualidade das decisões que são tomadas aos diferentes níveis das organizações.

A utilização dos SIG no apoio à tomada de decisão é particularmente relevante em sectores da economia e da sociedade sujeitos a condições territoriais e ambientais crescentemente exigentes e complexas. Um desses sectores é o turismo.

O projeto AdaPT AC:T, coordenado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil e financiado pelo Fundo EFTA (EEA Grants), visa proceder a uma avaliação da vulnerabilidade dos empreendimentos turísticos face a fatores climáticos e a contextos socioeconómicos tipificados.

A utilização dos SIG no âmbito do projeto permite localizar os empreendimentos turísticos nas suas respetivas envolventes geográficas, contribuindo para esclarecer os processos de mudança socio-territorial e potenciando uma melhor compreensão das relações de interdependência entre os fatores sociais e ambientais. A presente Comunicação reflete sobre essas possibilidades em aberto de um SIG baseando-se embora, e no âmbito do projeto, num recurso ainda primário de visualização de alguns indicadores de vulnerabilidade social.

**Palavras-chave:** SIG, turismo, alterações climáticas, mudança socioterritorial

*ABSTRACT: The development of Geographic Information Systems (GIS) and its diffusion in different areas of human activity has been providing increased possibilities of spatial analysis, which greatly expands the available knowledge and the quality of decisions that are taken in different levels of organizations. The use of GIS to support decision-making is particularly relevant in sectors of the economy and society under territorial and environmental complex conditions. One of these sectors is tourism.*

*The ADAPT AC:T project, coordinated by National Laboratory for Civil Engineering and funded by EFTA Fund (EEA Grants), aims to assess the vulnerability of tourist hotels to climatic and socio-economic context factors.*

*The use of GIS, within the project, allows the geographical surroundings definition of tourist hotels, describing the socio-territorial processes of change and contributes to a better knowledge of the interdependencies between social and environmental factors and, hence, for decision-making. This communication explores these instrumental capabilities of a GIS, starting from a primary degree of illustration considering social vulnerability indicators.*

*Keywords: GIS, tourism, climate change, socioterritorial change*



## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de informação geográfica (SIG) baseiam-se num conjunto de hardware, software e informação que permitem a integração e análise de dados georreferenciados. Este tipo de informação constitui-se como um instrumento útil para a análise espacial e mapeamento de fenómenos inscritos no território, sendo particularmente acessível para uma grande variedade de propósitos e de utilizadores (Burrough e NcDonnell, 1998).

De facto, os SIG servem muitos domínios de atividade e a sua utilização tem vindo a crescer nos últimos anos. Um desses domínios é o turismo. O levantamento de informação útil pode ajudar os gestores hoteleiros a incorporar os SIG no processo de planeamento turístico (Jovanović, e Njeguš, 1998; Sharma, e Singh, 2011).

Este planeamento revela-se igualmente crucial considerando que a envolvente das unidades hoteleiras deve ser tida em conta em algumas das decisões de gestão, nomeadamente na seleção de roteiros turísticos e, numa relação com a oferta de bens e serviços, a escolha de fornecedores das unidades hoteleiras deve incidir num contexto de proximidade.

Deste modo, o turismo é não só um agente dinamizador de um contexto económico, social e cultural como contribui para a diminuição da pegada de carbono e para uma mitigação das alterações climáticas.

Com efeito, o sector do turismo experimenta uma dependência face a condições socioeconómicas e ambientais que o tornam particularmente vulnerável a fatores de contexto, a vulnerabilidades sociais e territoriais afetadas à variabilidade climática e a fenómenos extremos (por exemplo, e para as regiões de Lisboa e Algarve, picos de pluviosidade e ondas de calor).

### 1.1. MATERIAIS E MÉTODOS: o SIG como uma ferramenta de visualização temática ou como instrumento de gestão e apoio à decisão?

A utilização de um SIG permite acrescentar informação específica sobre o contexto onde se inserem as unidades hoteleiras, de modo a valorizar-se a envolvente e a reconhecer-se nela quer os fatores críticos de vulnerabilidade (população idosa, face a ondas de calor, ou a impermeabilização de terrenos e a densidade urbana face ao risco de inundações), quer os elementos que potenciam a resiliência dos territórios (infraestruturas ambientais, planos de emergência, etc).

Definindo-se a vulnerabilidade como a suscetibilidade de um sistema face a efeitos adversos derivados das alterações climáticas, no caso, pela exposição das comunidades humanas, de bens e atividades à ocorrência de danos (Cutter et al., 2013), infere-se que esta mesma ocorrência de danos expressa-se abrangendo desigualdades sociais pré-existent, pela própria localização dos indivíduos no território, as suas características e os recursos de (re)ação disponíveis ao seu alcance (Beck, 1992).

Assim, um mero exercício de localização dos hotéis<sup>1</sup> revela-se extraordinariamente útil para compreensão das vulnerabilidades, mas também das potencialidades do território, contribuindo (neste último caso) a identificação de itinerários e espaços verdes, como para os bens e serviços de proximidade e os valores patrimoniais que uma região disponibiliza para o conjunto dos turistas.

Ao mesmo tempo, este tipo de informação é útil para se compreender a dinâmica territorial e as respostas mitigadoras às ameaças climáticas, nomeadamente pela disponibilidade de espaços verdes nas envolventes das unidades hoteleiras.

---

<sup>1</sup> No projeto AC:T em curso, e como análise prévia exploratória, ensaiou-se a construção de um índice de vulnerabilidade, numa escala comparativa entre valores da Freguesia e dos respetivos Municípios de Lisboa e Algarve, tendo em conta vulnerabilidades a fenómenos extremos que se devem acentuar em meio urbano e nas regiões estudadas: picos de pluviosidade e probabilidade de inundações (tendo-se recorrido a indicadores de ocupação e de pressão antrópica como a densidade humana, a contiguidade da construção e ocupação urbana – o que se relaciona com a impermeabilização dos solos) e a ocorrência de ondas de calor (tendo-se feito recurso a indicadores sobre espaços verdes, e percentagem de população idosa, sendo esta particularmente sensível a estas ocorrências).

Este mero ensaio com dados-bruto permite já identificar as áreas de Albufeira (Algarve) ou de São Mamede (Lisboa) como áreas mais críticas pela maior densidade humana e do edificado, pela maior presença relativa de idosos e pela tipologia dos usos do solo e espaços verdes.



Admitindo-se que estes espaços cumprem com os seus requisitos sociais de segurança e de amenidade ambiental acabam por valorizar as próprias unidades hoteleiras, e a ligação dos turistas a um território de escala pedonal.



Figura 1 – Contextualização dos hotéis de Lisboa do projeto AC:T (fonte: CML)

Do mesmo modo, a identificação de espaços-canal, o mapeamento de zonas de risco e vulnerabilidades, dados sobre o desenho urbano e as infraestruturas de ambiente, a densidade e tipo de bens e serviços, permitem enriquecer a ferramenta SIG como um instrumento de gestão turística sob uma relação de maior sensibilidade crítica entre a unidade hoteleira e a sua envolvente<sup>2</sup>, sublinhando a mudança do sector para a atenção aos contextos socioeconómicos e condições ambientais.

Contudo, o recurso a um SIG, embora essencial como ferramenta temática de ilustração de condições sociais e ambientais que se expressam, nos casos analisados pelo projeto, na envolvente dos complexos turísticos ou unidades hoteleiras, abrange ainda outras utilizações mais avançadas (com base numa monitorização das mudanças socio-territoriais e condições de recurso a políticas de mitigação dos efeitos das alterações climáticas). Deste modo, a ferramenta SIG é potenciada como um elemento pró-ativo de gestão hoteleira, permitindo interligar condições sociais e ambientais evolutivas.

<sup>2</sup> A questão do conflito potencial entre instituições responsáveis pela gestão costeira ou ribeirinha foi também tida em conta, pela competição de domínios administrativos, nomeadamente entre a Câmara Municipal de Lisboa e a Administração do Porto de Lisboa. Outro aspecto relevante prende-se com a adoção de uma visão estratégica, integrada em escalas mais adequadas que a tradicional divisão entre Freguesias e Municípios, o que levaria a privilegiar as áreas das unidades operativas de planeamento e gestão territorial (UOPG).



## 2. RESULTADOS E CONCLUSÕES: A utilidade de um SIG para um gestor de um complexo turístico ou unidade hoteleira

A utilização de uma ferramenta SIG torna o gestor hoteleiro munido de um instrumento que o habilita a programar uma ligação dos turistas à envolvente bem como a desenvolver relações de proximidade e de interdependência entre serviços e bens (gestão de compras das unidades hoteleiras) que certamente contribuem para a coesão social e territorial.

A consciencialização para estas relações de proximidade (estando previsto o desenvolvimento de ações de formação junto de gestores e quadros de pessoal técnico) pode contribuir para o atenuar da pegada ecológica das unidades hoteleiras, reduzindo-se assim trajetos ou distâncias quanto a atividades e contratações de serviços em regime de outsourcing.

A ferramenta SIG possibilita também um melhor conhecimento das vulnerabilidades e oportunidades dos contextos, socioeconómicos e ambientais, onde se situam os complexos turísticos, sublinhando o turismo como um dos elementos-chave para a promoção de medidas de mitigação e adaptação à variabilidade climática, e para a própria afirmação das associações do sector como interlocutoras privilegiadas para o desenvolvimento urbano e o ordenamento do território.

Por um lado, se a exploração de um SIG facilita a contextualização das unidades hoteleiras e um melhor conhecimento dos espaços envolventes, por outro, a importação de dados e de informação sobre zonamento de riscos ambientais (perímetros e quotas de inundação, mapas de ruído, extremos e variação de temperatura, etc) possibilita à gestão hoteleira um recurso antecipado para a ação e a sensibilização dos utentes/turistas, pensando-se também numa melhor adequação dos equipamentos e gestão de energia e consumos de água no interior das unidades hoteleiras.

Esta relação entre as componentes tecnológica, comportamental e gestionária revela-se fundamental para a adaptabilidade do sector do turismo à emergência das ameaças ambientais e ao percurso de ocorrências danosas.

Há que igualmente prestar um cuidado especial à vertente do ordenamento do território, e à informação disponível em instrumentos de gestão do território, nomeadamente à escala das unidades operativas de gestão que se revelam como recursos de enquadramento mais ajustado que a escala da freguesia, em virtude de fazerem apelo a contextos definidos com melhores critérios de homogeneidade e especificidade socioterritorial que a convencional divisão administrativa.

Desta forma, a ferramenta SIG serve essencialmente um propósito gestionário complementar, mas não irrelevante, pois a contextualização das unidades hoteleiras confere ao gestor turístico uma interpretação das mudanças e das condições sociais e ambientais que se expressam no território onde a sua unidade hoteleira se insere.

Permite, pois, explorar com maior conhecimento e legitimidade o elevado interesse do sector do turismo para o país e os seus contributos adaptativos face ao tipo de ameaças ambientais que se perfilam para as próximas décadas.

### REFERÊNCIAS

- Alcoforado, M. J.; Andrade, H; Oliveira, S.; Festas, M.J.; Rosa, F. (2009). Alterações Climáticas e Desenvolvimento Urbano. Lisboa. Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano.
- Beck, U. (1992). Risk Society: Towards a New Modernity. New Delhi, Sage.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of geographical information systems. Oxford, University Press.
- Cuttel, S.L.; Boruff, B., & Sherley, B. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. Social Science. Quarterly 84(2): 242-261.
- Jovanović, V., & Njeguš, A. (2008). The application of GIS and its components in tourism. Yugoslav Journ. of Operations Research, 18(2), 261-272.
- Sharma, J., & Singh, P. (2011). A Geo-Referenced Information System for Tourism (GeoRIS), 2(2): 456-464.

### CONTACTOS

Raquel SARAIVA: rsaraiva@Inec.pt

João Lutas CRAVEIRO: jcraveiro@Inec.pt



## **CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE MULTITEMPORAIS BASEADA EM OBJETOS E APURAMENTO SEMIAUTOMÁTICO DE LIMIARES DE CORTE**

Ângela BARBOSA<sup>1</sup>, Dora ROQUE<sup>2</sup>, Ana FONSECA<sup>2</sup> e Jorge ROCHA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudos Geográficos (CEG) do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território (IGOT)  
da Universidade de Lisboa (UL)

<sup>2</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)

**RESUMO:** Os algoritmos de classificação baseados em objetos caracterizam-se por uma elevada eficácia quando aplicados a imagens de satélite. No entanto, estes algoritmos são bastante dependentes do contexto espaciotemporal apresentando um menor desempenho quando aplicados a uma imagem da mesma área geográfica, adquirida noutra época e/ou a uma imagem de outra área geográfica. O principal obstáculo à repetibilidade do algoritmo é a identificação dos valores dos limiares de corte a aplicar às funções de classificação, que é necessário adaptar a cada imagem, tornando o processo subjetivo e moroso. Neste contexto, foi desenvolvido um método, baseado na análise por componentes principais, que permite o ajuste automático dos limiares adequados para a classificação de imagens da mesma área geográfica adquiridas em diferentes épocas. O algoritmo foi testado em imagens do sensor OLI (Landsat 8). Os dados de entrada do algoritmo são os limiares selecionados visualmente para a classificação de quatro imagens de referência. Através desses limiares e de parâmetros conhecidos que caracterizam as imagens e as condições em que estas foram adquiridas, o algoritmo calcula os limiares adequados para a classificação de um novo conjunto de imagens. Com coeficientes de Kappa acima dos 0,9 para todas as classes, ficou demonstrada a utilidade da automatização do processo de ajustamento dos limiares a novas imagens, promovendo de forma objetiva e expedita, a repetibilidade da metodologia de classificação desenvolvida.

**Palavras-chave:** deteção remota, classificação baseada em objetos, análise em componentes principais, Landsat 8, ocupação do solo, dados multitemporais



## 1. INTRODUÇÃO

Os métodos de classificação de imagens de satélite para identificar classes de ocupação/uso do solo, têm vindo a ser utilizados, com maior ou menor sucesso, desde a década de 70 do século passado, dando origem a mapas temáticos com uma grande variedade de indicadores de precisão e fiabilidade. Evoluindo desde os métodos de classificação baseados unicamente na informação espectral disponibilizada pelo píxel, até à utilização de informação de contexto, ou de outras variáveis, como altimetria, ou passando pela análise de imagens orientada por objetos (AIOO (OBIA em inglês)), que permite adicionar às bandas espectrais originais uma infinidade de bandas sintéticas baseadas em propriedades dos objetos (contexto, forma, textura, hierarquia, etc.), um problema permanece, limitando o uso destes métodos a utilizações experimentais e retardando a sua operacionalização em contextos de produção de cartografia: a qualidade dos mapas produzidos depende da otimização do algoritmo de extração da informação à área geográfica que se está a cartografar e também à imagem específica que se está a processar, otimização essa que tem que se realizar caso a caso, por tentativa e erro, o que dificulta a repetibilidade da metodologia de extração de informação desenvolvida, quando se pretende aplicá-la a imagens adquiridas por diferentes sensores, em datas diferentes, ou regiões de interesse diferentes. Esta comunicação apresenta uma contribuição para melhorar a repetibilidade de algoritmos de classificação desenvolvidos para uma pequena amostra de imagens, a novas imagens da mesma área geográfica adquiridas em datas diferentes.

## 2. METODOLOGIA

O método proposto para automatizar o processo de otimização da classificação baseia-se na Análise em Componentes Principais (ACP) aplicada à determinação dos patamares de corte das funções de classificação. A ACP é um método estatístico multivariado que transforma um conjunto de variáveis correlacionadas num conjunto de variáveis não correlacionadas designadas Componentes Principais. (Pearson, 1901). A transformação ACP é aplicada a uma matriz  $Q$ , em que as linhas são as imagens de treino e as colunas são as variáveis cuja correlação se pretende avaliar; as Componentes Principais (CP) são os vetores próprios da matriz  $V=XX^T$ , em que a matriz  $X$  resulta da normalização da matriz  $Q$ , necessária quando as variáveis estão em unidades não comparáveis; a correlação entre as variáveis é avaliada através da sua projeção no referencial das CP, em que as variáveis altamente correlacionadas se organizam em aglomerados (clusters). No método proposto são aplicadas duas classificações ACP em duas etapas diferentes. As três fases da metodologia proposta são:

- 1) Uma classificação AIOO prévia, supervisionada e empírica, dos limiares de corte das funções de classificação, é realizada num pequeno conjunto de treino para a zona de interesse.
- 2) Uma primeira classificação ACP deteta a correlação entre os limiares utilizados nas imagens de treino, parâmetros caracterizadores de propriedades dessas imagens e parâmetros ambientais ou geográficos. (Figura 3);
- 3) Depois de identificadas as variáveis com alta correlação (VAC) com os limiares de corte, é aplicada uma segunda ACP sobre o conjunto das imagens de treino, considerando apenas as VAC, permite a determinação automática dos limiares para o restante conjunto de imagens da zona de estudo; as novas imagens a classificar são projetadas nas componentes principais, sendo identificadas no eixo da 1ª CP da 2ª ACP as suas posições relativas em relação às imagens do conjunto de treino (Figura 4), e interpolando os limiares de corte a aplicar às novas imagens à custa dos limiares de corte das imagens de treino.

O método foi aplicado a conjuntos multitemporais de imagens óticas Landsat 8 OLI da zona do vale do Tejo em Portugal ( 38° - 40° N; 7° - 10° O).

### 2.1. Classificação de Imagens

Este ponto consistiu na aplicação da AIOO à classificação de um conjunto multitemporal de 8 imagens Landsat 8 (Figura 1), com 11 bandas espectrais e uma resolução espacial de 30 m no sensor multiespectral, 15 m no sensor pancromático e 100 m no térmico, abrangendo um intervalo temporal de cerca de dois anos (Quadro 1). A nomenclatura utilizada na classificação foi derivada do Corine Land Cover. Os patamares de



corte das funções de classificação foram afinados visualmente num conjunto de quatro imagens de treino e a ACP foi utilizada para calcular os patamares de corte do restante conjunto de quatro imagens, da mesma área geográfica.



Figura 1 – Enquadramento geográfico da área de estudo

Quadro 1 – Imagens Landsat 8 utilizadas

Imagens	Data
Imagens de treino	22/07/2013
	23/08/2014
	10/10/2014
	27/11/2013
Novas imagens a classificar	09/07/2014
	08/09/2013
	29/10/2014
	11/11/2013

O método de classificação utilizado (Barbosa et al., 2015), e afinado, por tentativa e erro, no conjunto das imagens de treino, foi a AIOO sobre uma nomenclatura derivada do Corine Land Cover (CLC) (Figura 2).

Após uma exaustiva procura sobre quais as melhores variáveis para a extração das classes pretendidas, e quais os limiares (thresholds) a definir para a sua classificação, termina-se o processo de classificação das 4 imagens de treino e pode-se prosseguir para a análise dos limiares de corte.

## 2.2.Limiars de Corte

Após a classificação prévia das imagens de treino através de uma seleção visual dos limiares de corte das funções das variáveis de classificação, inicia-se o processo de automatização da classificação das imagens de teste. Para tal, procura-se determinar quais os limiares a introduzir no algoritmo de classificação.

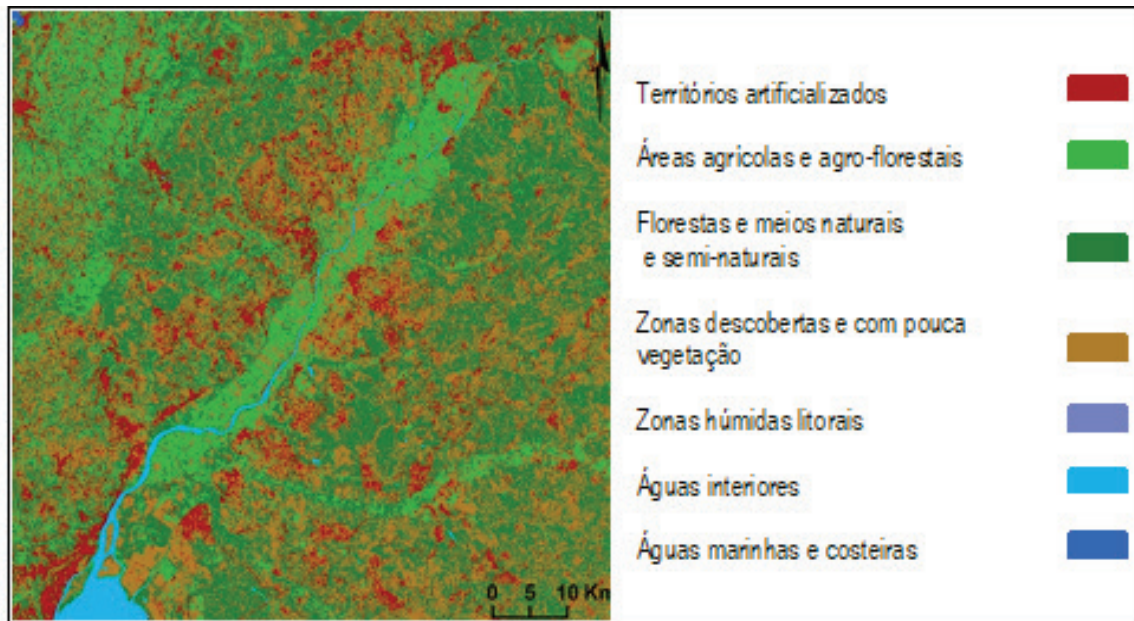


Figura 2 – Excerto do Mapa produzido com o método ACP e nomenclatura derivada do CLC (imagem Landsat 8 de 09/07/2014). A legenda diz respeito à nomenclatura utilizada para todas as datas

O método proposto para automatizar o processo de classificação baseia-se na aplicação de duas ACP com dois objetivos diferentes. O primeiro objetivo diz respeito à identificação de um conjunto de parâmetros que caracterizem as imagens, designados de parâmetros a priori. Estes parâmetros correspondem aos valores de média e desvio padrão das bandas ópticas do satélite Landsat 8, aos índices utilizados na construção do algoritmo de classificação, e a outros parâmetros relacionados com as condições de aquisição das imagens (altura e azimute do Sol). A recolha e cálculo de todos estes valores foram realizados para as oito imagens.

Posteriormente foi realizada uma ACP considerando como dados de entrada os valores dos parâmetros a priori e os valores dos limiares das variáveis dependentes das quatro imagens de treino. Nesta etapa, a ACP gera um círculo de correlação, capaz de detetar a correlação entre os limiares das variáveis utilizadas nas imagens de treino e os parâmetros caracterizadores das suas propriedades (Figura 3).

A transformação ACP é aplicada a uma matriz  $Q$ , em que as linhas são as imagens de treino e as colunas são as variáveis cuja correlação se pretende avaliar. As CP são os vetores próprios da matriz  $V=XX^T$ , em que a matriz  $X$  resulta da normalização da matriz  $Q$ , a qual se torna necessária quando as variáveis possuem diferentes amplitudes, e.g. de 0 a 65 536 ou de -1 a 1. A correlação entre as variáveis é avaliada através da sua projeção no círculo de correlação, em que as variáveis altamente correlacionadas se organizam em aglomerados (clusters).

No Quadro 2, encontram-se descritas as variáveis e os parâmetros a priori que compõem cada cluster formado através do círculo de correlação. Quando a formação dos clusters, espera-se que estes sejam descritos por variáveis e parâmetros a priori, mesmo que a sua correlação seja inversa. Em caso afirmativo isso significa que existem parâmetros a priori cujos valores são úteis na explicação do comportamento das variáveis utilizadas e respetivos limiares. É de referir que no caso de um limiar ficar isolado no círculo de correlação, sem ter parâmetros a priori direta ou inversamente correlacionados, o algoritmo não permite estimar o seu valor.



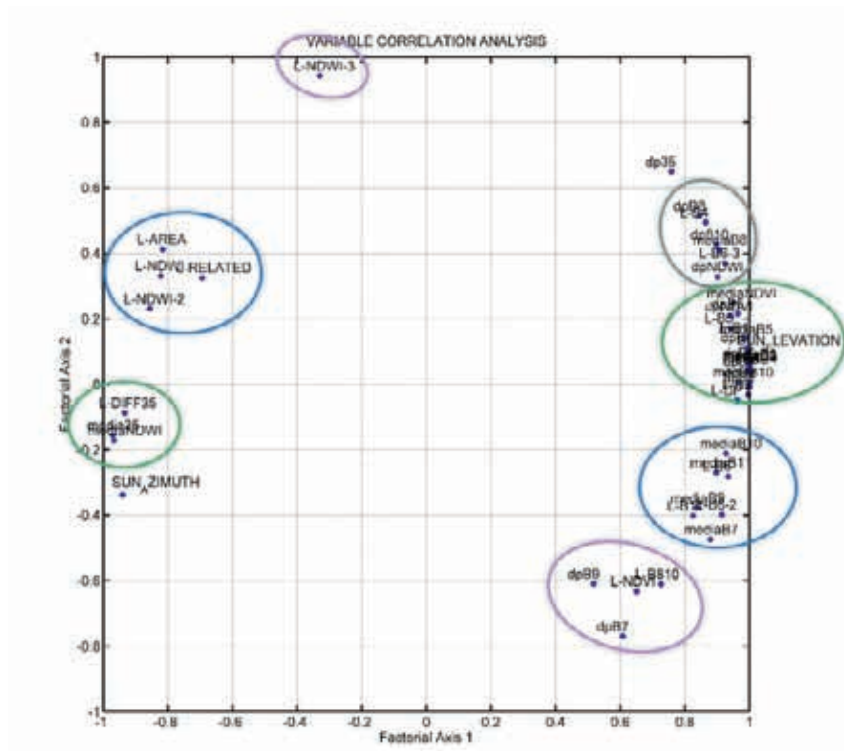


Figura 3 – Análise da correlação entre as variáveis para o conjunto de imagens de treino (1.<sup>a</sup> ACP). As cores (e as classes) correspondem às apresentadas no quadro 2.

Quadro 2 – Descriminação das variáveis e parâmetros a priori presentes em cada cluster formado através do círculo de correlações (LD – variável com limiar dependente da imagem; P – parâmetros a priori)

	Clusters			
	1	2	3	4
<b>Variáveis diretamente correlacionadas</b>	LD- Banda 4 LD- Banda 6 (3)	LD- Banda 5 LD- Banda 1 LD- Banda 7 LD- DP Banda 1	LD- Banda 6 LD- Banda 6 (2) LD- Banda 11	LD-NDVI LD-M 8_10
<b>Variáveis inversamente correlacionadas</b>		LD- Rácio 3_5	L- Area L- NDWI L- Relative border (4) L-NDWI (2)	LD-NDWI (3)
<b>Parâmetros a priori diretamente correlacionados</b>	P- DP Banda 8 P- DP M 8_10 P- M Banda 8 P- DP NDWI	P- M NDVI P- DP Banda 5 P- DP NDVI P- M Banda 5 P- DP Banda 11 P- Altura do Sol P- DP Banda 6 P- M Banda 1 P- M Banda 2 P- M Banda 6 P- M Banda 3 P- DP Banda 10 P- M Banda 4 P- DP Banda 4 P- M- 8_10 P- DP Banda 1 P- DP Banda 3 P- DP Banda 2	P- M Banda 10 P- M Banda 11 P- M Banda 9 P- M Banda 7	P- DP Banda 7 P- DP Banda 9
<b>Parâmetros a priori inversamente correlacionados</b>		P- M Rácio 3_5 P- M NDWI		



Depois de identificadas as variáveis com alta correlação (VAC), é realizada uma segunda ACP sobre o conjunto das imagens de treino, utilizando os parâmetros a priori para cada um dos clusters individuais. Para cada ACP realizada, foi obtida uma CP ao longo da qual as imagens de treino estão ordenadas. De seguida, as imagens de teste foram projetadas na mesma componente principal (sem terem tido qualquer influência na sua construção) à custa dos parâmetros a priori (Figura 3).

Depois de projetadas as imagens, é realizada a interpolação dos limiares de corte a aplicar às imagens de teste com base nos valores dos limiares de corte das imagens de treino. Desta forma, foi possível determinar automaticamente os limiares para o restante conjunto de imagens da área de estudo.

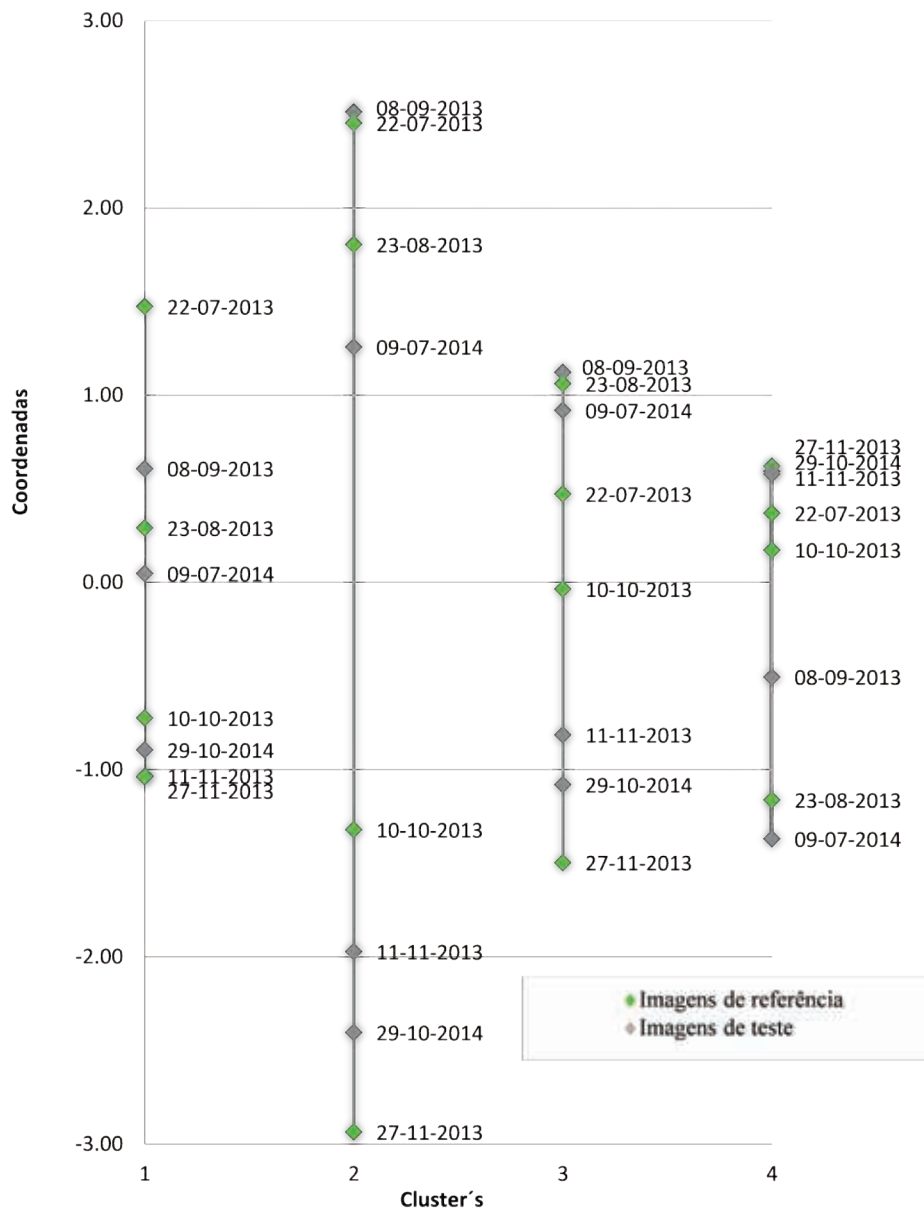


Figura 4 – Projeção das imagens de treino e de teste (2.ª ACP)



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada uma avaliação da qualidade dos mapas produzidos, à custa de uma matriz de confusão que se apresenta no Quadro 3, que mostra que a qualidade atingida nos mapas produzidos com o ajustamento visual e automático dos limiares foi mais uma vez equivalente, havendo um ganho considerável no tempo de identificação dos limiares de corte das funções de classificação, que no caso das imagens de treino foi realizada por tentativa e erro, num processo exaustivo, e que no caso das imagens novas resultou de um processo automático. É possível concluir que as imagens que apresentam uma classificação com melhores resultados e com erros de exatidão mais reduzidos, correspondem a imagens do conjunto de treino. Em particular, a imagem de 22 de julho de 2013, é a que apresenta o maior número de observações bem classificadas (207), de seguida a imagem de 27 de novembro de 2013 com 206 observações, e por fim a imagem de 23 de agosto de 2013 com 204 observações. Em relação à percentagem de exatidão do utilizador, mantém-se a mesma ordem de imagens anteriormente mencionada. No entanto, na percentagem de exatidão do produtor, a imagem com valores superiores é a de 27 de novembro de 2013 (99,63%), de seguida a de 22 de julho de 2013 (98,86%) e por fim, a de 23 de agosto de 2013 (97,36%).

Quadro 3 – Análise da qualidade dos mapas produzidos com imagens Landsat 8

Imagens				N.º de elementos da amostra de validação	Exactidão		Coeficiente Kappa de Concordância
					Utilizador	Produtor	
Imagens de treino	22	Julho	2013	207	98,57	98,86	0,983
	23	Agosto	2014	204	97,14	97,36	0,967
	10	Outubro	2014	203	96,67	96,84	0,961
	27	Novembro	2013	206	98,10	99,63	0,978
Novas imagens a classificar	29	Outubro	2014	203	96,67	96,88	0,961
	11	Novembro	2013	201	95,71	96,00	0,961
	9	Julho	2014	199	94,76	94,96	0,939
	8	Setembro	2013	203	96,67	96,87	0,950

Como seria de esperar, as imagens do conjunto de teste apresentam resultados ligeiramente inferiores, em comparação às restantes imagens, porque estas foram classificadas através da aplicação do algoritmo e não tiveram qualquer intervenção do produtor, i.e., foram classificadas (semi)automaticamente. Em relação ao coeficiente de concordância Kappa, é de notar que, segundo a Tabela 9.2, todas as classificações apresentam uma qualidade catalogável como excelente, sendo que o valor de Kappa mais reduzido é de 0,939 (09 de julho de 2014) e o mais elevado de 0,983 (22 julho de 2013).

Por fim, pode-se afirmar que todas as imagens apresentaram valores bastante satisfatórios, apesar da multitemporalidade implicar uma ligeira diminuição da qualidade de classificação das imagens.

### 4. CONCLUSÕES

Analisando o processo de classificação da ocupação do solo, verificou-se uma adequabilidade satisfatória da nomenclatura hierárquica ao processo de classificação de dados, quer quanto ao número quer quanto ao tipo de classes. O primeiro nível da legenda CLC foi perfeitamente atingido, conseguindo-se mesmo atingir em três casos o segundo nível de desagregação. Haveria a possibilidade de optar por um uso generalizado do nível dois do CLC mas esta opção implicaria uma necessária redução da exatidão da classificação, podendo comprometer a sua utilização em contexto operacional.

Importa ressaltar que os objetivos iniciais não enquadravam a intenção de produzir um elevado número de classes. Procuravam sim, perceber se a replicação do algoritmo criado apresentava resultados promissores e, por conseguinte, o seu reconhecimento como método de classificação semiautomático.



A elaboração do algoritmo propriamente dito, deparou-se com algumas particularidades intrínsecas às características do Landsat 8, nomeadamente no que concerne à sua resolução espacial. Verdadeiramente, a dimensão do píxel de 900m<sup>2</sup>, correspondendo à UMC, condiciona a utilização de parâmetros relacionados com a forma dos objetos. No entanto, consubstanciou-se a ideia já demonstrada em estudos anteriores (Lang e Langanke, 2006) de que para casos específicos um nível de representação (One Level Representation [OLR]) pode ser suficiente e mais linear/simples.

No âmbito de todo este processo, e não obstante todas as suas valências, emergiu uma desvantagem do eCognition®, mais especificamente a sua falta de capacidade para o necessário pré-processamento dos dados de deteção remota. Estas etapas de pré processamento são indispensáveis e implicaram o recurso a programas adicionais. Esta situação, embora à primeira vista possa parecer de somenos importância, pode, num contexto mais operacional, dificultar ou mesmo inviabilizar a reprodutibilidade do processo e consequentemente a obtenção de cartografia atualizada de ocupação do solo.

Ainda assim, relevando este pequeno grande handicap, entende-se que para além do objetivo principal deste artigo ter sido cumprido, esta apresenta resultados bastante satisfatórios. De forma a enfatizar o papel do cálculo de limiares, o teste à sensibilidade do método permitiu perceber que o cálculo dos limiares de corte permite uma classificação mais aproximada à realidade. Desde que corretamente aplicado e selecionadas as melhores imagens de treino, o algoritmo possibilita a classificação dos elementos pretendidos em qualquer outro contexto temporal. Em suma, pode-se afirmar que foi testado com sucesso um método (semi)automático de classificação de ocupação do solo para imagens multitemporais.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia) pelo financiamento do Projeto RIVERSAR (PTDC/CTE-GIX/099085/2008). Dados SAR fornecidos pela Agência Espacial Europeia, através dos projetos de categoria-1 9441 e 11576, e imagens Landsat 8 fornecidas pelo USGS dos USA.

#### REFERÊNCIAS

- Barbosa A., Roque, D., Fonseca, A. e Rocha, J. (2015). Modelo de Classificação Orientado para Objeto para Cartografia Operacional de Ocupação do Solo Usando Imagens de Média Resolução. Comunicação aceite no X Congresso da Geografia Portuguesa, Lisboa, 9 a 12 de Setembro.
- Lang, S. e Langanke, T. (2006). Object-based mapping and object-relationship modeling for land use classes and habitats. *Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation* 10 (1), 5 - 18.
- Pearson, K. (1901). On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space. *Philosophical Magazine* 2 (11): 559–572. doi:10.1080/14786440109462720.
- Roque D., Afonso, N., Fonseca, A. e Heleno, S. (2014). OBIA Flood Delimitation Assisted by Threshold Determination with Principal Component Analysis. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 80, No. 5, June 2014, pp. 000–000. 0099-1112/14/8006–000. © 2014 American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. doi: 10.14358/PERS.80.6.000.

#### CONTACTOS

Ângela BARBOSA: angelabarbosa@campus.ul.pt  
Dora ROQUE: droque@lnec.pt  
Ana FONSECA: anafonseca@lnec.pt  
Jorge ROCHA: jorge.rocha@campus.ul.pt



# AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E ADEQUABILIDADE DE MDS OBTIDOS POR DRONES LOW-COST NA MONITORIZAÇÃO TOPOGRÁFICA DE DUNAS PRIMÁRIAS

Gil GONÇALVES<sup>1,2</sup>, Diogo DUARTE<sup>1,3</sup>, Juan A. PÉREZ<sup>4</sup>, Alan D. ATKINSON<sup>5</sup>  
Manuel SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ<sup>6</sup>, João DUARTE<sup>7,8</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra (Portugal)

<sup>2</sup> INESC Coimbra (Portugal)

<sup>3</sup> ITC, Universidade de Twente (Holanda)

<sup>4</sup> Centro Universitario de Mérida, Universidade de Extremadura (Espanha)

<sup>5</sup> Escuela Politécnica, Universidade de Extremadura (Espanha)

<sup>6</sup> Centro Univer, Universidade de Extremadura (Espanha)

<sup>7</sup> IQGeo-Serviços, Lda. (Portugal)

<sup>8</sup> Centro de Geociências e Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra (Portugal)

**RESUMO:** Devido a causas naturais e antrópicas as dunas primárias alteram de forma dinâmica e contínua a sua forma, posição e extensão. A recente disponibilização e utilização de drones low-cost aliada ao desenvolvimento e facilidade de uso de Software Fotogramétrico Open Source (SFOS) baseado em algoritmos SfM (Structure from Motion) e correlação densa, abre as portas para o seu uso intensivo na monitorização topográfica dos sistemas dunares. Este artigo avalia a qualidade e adequabilidade de Modelos Digitais de Superfície (MDS) de alta resolução gerados a partir da correlação densa de imagens aéreas obtidas por drones low-cost equipados com câmaras de ação (GoPro Hero4 Silver) e processadas em SFOS. Devido à baixa qualidade da câmara de ação (GoPro Hero4 Silver) o MDS foi filtrado utilizando uma metodologia que preserva os elementos morfológicos principais da superfície. A qualidade do MDS gerado, foi avaliada utilizando uma superfície de referência obtida por um Laser Terrestre e indicadores estatísticos robustos, como a mediana normalizada das diferenças absolutas (NMAD). Na aquisição dos pontos apoio terrestre e na georeferenciação de ambos MDS foram utilizados receptores GNSS de múltipla frequência operados em modo NRTK (Network Real Time Kinematic). Os resultados obtidos mostram que o MDS obtido por correlação densa de imagens GoPro tem qualidade adequada (NMAD variando entre 8-14 cm) e sugerem que as tecnologias e métodos utilizados são adequados na monitorização topográfica das dunas primárias.

**Palavras-chave:** MDS, Drones, Correlação Densa, Fotogrametria, Open Source, Filtragem, Laser Terrestre

**ABSTRACT:** Due to both natural and anthropogenic causes the coastal primary sand dunes, keep changing dynamically and continuously their shape, position and extent over time. The recent use and availability of small Unmanned Aerial Systems (UAS) and the development of easy to use Structure from Motion (SfM) and Open Source Photogrammetric (OSP) software opens the door for their intensive use in the topographic monitoring of the coastal surface processes. This study assesses the accuracy and effectiveness of high resolution Digital Surface Models (DSM) generated by combined use of low-altitude aerial images obtained by UAS and OSP software. Due to the low quality of the action camera (GoPro Hero4 Silver) the DSM was denoised using a methodology which combines mathematical morphology and normal-based filtering method. In order to evaluate the geomorphological quality of the UAS-based DSM we use a reference surface obtained by Terrestrial Laser Scanning (TLS). Additionally, ground control points (GCPs) are measured by multiple frequency NRTK GNSS geodetic receivers and used to validate both DSMs with respect to a common horizontal and vertical reference frame. The results suggest that low cost UASs are suitable for topographic monitoring of primary sand dunes.

**Keywords:** DSM, UAVs, Dense matching, Open Source, Denoising, TLS



## 1. INTRODUÇÃO

As dunas primárias são, na maioria dos casos, a unidade geomorfológica mais próxima do mar dos sistemas eólicos costeiros e representam a parte terrestre mais próxima do sistema de intercâmbio sedimentar associado à interação praia-duna (Ryu and Sherman, 2014). Estes montículos de solo arenoso não consolidado, contíguos à linha de costa, são extremamente importantes na defesa do litoral dado que atuam como dispositivos naturais de proteção, proporcionando o abastecimento de sedimentos às praias e protegendo as terras interiores das tempestades marítimas e da ação da forte ondulação (Davidson-Arnott, 2010; Mancini et al., 2013). No entanto, devido a causas tanto naturais como antropogénicas, as dunas primárias mudam contínua e dinamicamente a sua forma, posição e extensão ao longo do tempo. A deteção, extração e monitorização dessas unidades recorrendo a técnicas e tecnologias de Deteção Remota é fundamental em países como Portugal onde 75% da sua população vive nestas zonas costeiras e onde é gerado 85% do seu PIB. No contexto de estudos de geomorfologia costeira, por exemplo na erosão costeira e na avaliação do balanço sedimentar, a disponibilidade de MDS de alta resolução e de grande exatidão vertical são pré-requisitos fundamentais na modelação 3D precisa do sistema duna-praia e no conhecimento pormenorizado da morfometria das dunas (Mancini et al., 2013).

Um sistema drone (ou UAS - Unmanned Aerial System) é um robô voador constituído por um drone (ou UAV - Unmanned Aerial Vehicle), uma estação terrestre de controlo (GCS - Ground Control Station) e um Data Link de comunicação (CDL - Communication Data Link) para comando e controlo do UAV a partir da GCS (Colomina and Molina, 2014). Apesar dos UAS terem nascido no contexto militar estão atualmente a ser utilizados com sucesso no mapeamento 3D do terreno e na monitorização ambiental (Watts et al., 2012). Neste contexto, os UAS podem oferecer uma alternativa viável relativamente às plataformas espaciais (satélites) e aéreas (aviões tripulados), na aquisição de dados de alta resolução e exatidão, a um custo acessível associado ainda a um grande aumento da flexibilidade operacional (Klemas, 2015).

Neste artigo iremos avaliar a qualidade e adequabilidade dum drone, pequeno, leve e low-cost, na monitorização topográfica de dunas primárias. A fim de avaliarmos a exatidão do MDS obtido por correlação densa das imagens captadas pela câmara de ação (GoPro Hero4 Silver) e processadas com SFOS iremos utilizar uma superfície de referência obtida por varrimento laser terrestre (TLS - Terrestrial Laser Scanning) no mesmo dia em que foi feito o levantamento topográfico por drone.

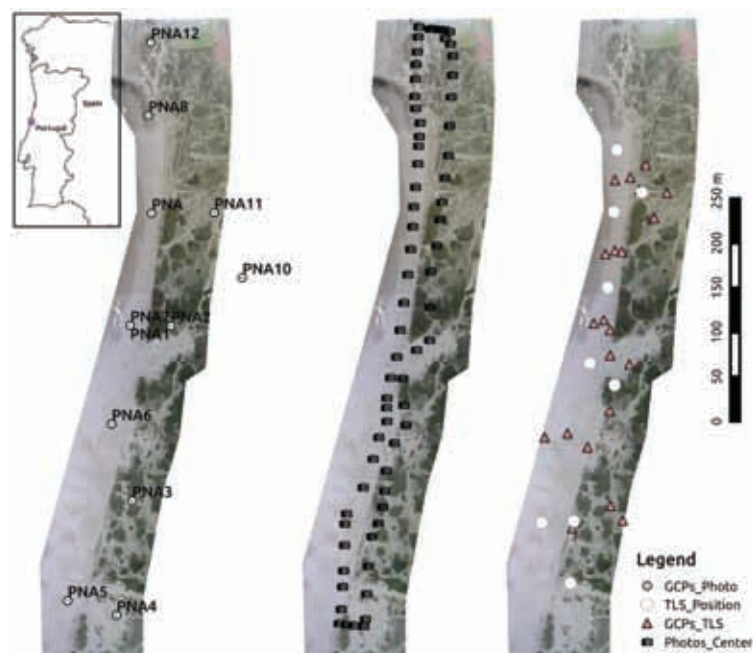


Figura 1 – Localização da área de estudo e dos pontos de apoio fotogramétrico a) dos centros de exposição das imagens UAV b) e das estações TLS e dos pontos de apoio TLS c)



## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Praia da Cova-Gala do concelho da Figueira da Foz), um trecho de praia do tipo arenoso com 700 m localizado na costa noroeste (Figura 1), é uma das áreas mais dinâmicas do litoral oeste português (Baptista et al., 2011). Este trecho litoral é caracterizado morfologicamente por uma costa arenosa, exposta diretamente a ondas muito energéticas, e por dunas primárias (dunas frontais) em que a sua linha de base forma um alinhamento reto, relativamente simples. Nestes últimos anos a costa noroeste portuguesa foi sujeita a uma forte erosão tendo algumas das suas dunas primárias sofrido uma taxa de erosão de 10m/a (Baptista et al., 2011).

## 3. AQUISIÇÃO DE DADOS GEOESPACIAIS

De forma a manter uma coesão entre as diferentes tecnologias de aquisição de dados todos os levantamentos foram feitos simultaneamente no dia 9 de Abril 2015. O levantamento da área com o drone demorou aproximadamente 25 minutos (15 minutos de preparação e 10 minutos de voo); o levantamento com TLS demorou 4 horas.

### 3.1. Pontos de apoio

O posicionamento baseado em Rede RTK designado por NRTK (Network-based Real Time Kinematic) utiliza as observações dos Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS - Global Navigation Satellite Systems) adquiridas a partir duma rede estações CORS (Continuously Operating Reference Stations) para modelar no receptor rover os erros das distâncias espacialmente correlacionados (os erros orbitais e os atrasos ionosféricos e troposféricos do sinal GNSS) e que atuam dentro da área coberta pela CORS. Combinando os receptores GNSS de multi-frequência com as correções NRTK disponíveis em redes locais (neste caso nacionais) ativas obtêm-se precisões e exatidões superiores ao posicionamento RTK convencional, ou seja baseado numa única estação (Janssen and Haasdyk, 2011). Além disso a solução NRTK oferece ainda uma melhor cobertura e fiabilidade, uma exatidão mais homogénea e tempos mais rápidos na fixação das ambiguidades (Garrido et al., 2013).

A RENEP (REde Nacional de Estações Permanentes) é uma rede nacional NRTK ativa composta atualmente por 47 estações CORS espalhadas pelo continente (42) e ilhas (5). Esta rede foi calculada no sistema geodésico ETRS89, realizado pelo referencial ETRF97 da época de referência 1995,4. As correções diferenciais, que são emitidas em tempo real no formato RTCM 3.1 e obtidas via Internet por NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol), podem ser escolhidas pelo utilizador entre: i) base única, na qual este escolhe a estação a partir da qual pretende receber as correções; ii) estação mais próxima, na qual o sistema gestão da rede escolhe qual a estação que irá enviar as correções ao utilizador; iii) correções em rede, na qual o utilizador recebe as correções duma rede, composta pelas estações envolventes à sua posição atual. Neste trabalho foram utilizadas as correções em rede dado que vários autores mostraram que é possível obter com este método precisões e exatidões posicionais de ordem centimétrica (Garrido et al., 2013).

O equipamento utilizado para a recolha dos pontos de apoio fotogramétrico (GCP - Ground control Points) e traçado dos perfis transversais constou de: i) dois receptores GNSS, Geomax Zenith 10, equipados com antenas de tripla frequência (GPS/GLONASS/Galileo); ii) duas controladoras de campo wireless (Geomax PS336); iii) acessórios adicionais tais como tripés, bastões telescópicos, alvos em PVC e em têxtil. As coordenadas planimétricas (x,y) dos dados geoespaciais recolhidos foram referidas ao sistema ETRS89 PT/TM-06 (EPSG:3763) e as coordenadas verticais (z) foram referidas ao geóide (altitude ortométrica ou cota) utilizando o modelo numérico do geóide local, o GeodPT08.

### 3.2. Levantamento com drone

A recente disponibilização e utilização de Sistemas Aéreos não Tripulados (UAS – Unmanned Aerial System) de baixo custo aliada com o desenvolvimento e facilidade de uso de Software Fotogramétrico baseado em algoritmos SfM (Structure from Motion) e correlação densa, abre as portas para o uso intensivo desta geotecnologia na monitorização topográfica das superfícies dos sistemas dunares. Neste trabalho foi utilizado



o sistema drone (UAS) especificado no Quadro 1. O voo drone, operado em modo manual, foi feito a uma altitude de aproximadamente 100 (GSD – Ground Sampling Distance próximo de 5 cm).

Quadro 1 – Sistema drono utilizado

<b>Plataforma</b>	
Tipo de quadro:	Quadcopter plegable Tarot Iron Man 650
Motores:	4 T-Motor Navigator MN3110 470KV
Dimensões e peso:	95 cm e 1,5 kg com todo o equipamento
Modo de voo:	Manual Baseado no controlo wireless
Autonomia:	Máx. 18 Minutos
<b>Camara Digital</b>	
Suporte:	Walkera G-2D Brusless gimble
Configuração:	GoPro Hero4 Silver
	Sensor: CMOS - 12 megapixeis - 1/2.3"
	Tipo de lente: Lente de vidro grande angular
	Equivalente a 35 mm: 15 - 30 mm
	f2.8 - f2.8
	Peso: 84g
	Dimensões (hlp) em mm: 41.0x59.0x29.6
<b>Controlo Remoto</b>	
Controladora:	DJI Naza V2(GPS)
Comando de voo:	Futaba 8J FHSS - FUTABA
	2-stick, 8-channel, S-FHSS system, Built-in
	Dual Antenna Diversity
	Transmitting frequency: 2.4GHz band
FPV – Tx/Rx:	DJI Video Link 5.8Ghz 500mw
Monitor:	Lcd de 7"
<b>Custo total: 9000 € (montagem feita pelos autores)</b>	

### 3.3. Levantamento com TLS

As características dum levantamento por varrimento laser terrestre (TLS) dependem principalmente do tipo de scanner utilizado. Para reconstruir com fidelidade e exatidão a geometria 3D das dunas primárias podem ser utilizados tanto os TLS de médio como os de longo alcance. Os scanners de médio alcance baseiam-se principalmente no princípio da medição de fase (phase-shift): têm um intervalo de medição de 3 m a 150 m e podem assegurar um exatidão posicional de  $\pm 2$  mm para distâncias inferiores a 50 m. Os scanners de longo alcance baseiam-se no princípio da medição do tempo de voo (TOF, time-of-flight): tem um intervalo de medição de 0.1 m a 2 km e podem assegurar uma exatidão posicional de 7 mm para distâncias até 100 m. Para além das características técnicas que influenciam a qualidade do resultado final, importa sublinhar o facto de que os scanners baseados no princípio da medição de fase têm uma velocidade de aquisição de dados superior aos baseados em TOF, o que em aquisições extensas pode constituir um fator preferencial.

Neste estudo utilizou-se um scanner Leica C10 de longo alcance para definir a superfície de referência. Este scanner tem um intervalo de medição de 0.1 m a 300 m e uma exatidão posicional de 7 mm para uma distância de 100 m com uma velocidade de medição de 50k pontos/seg. A Figura 2 mostra a localização das nove estações TLS (E1 a E9) e dos 21 alvos utilizados no co-registo (ajustamento) das nuvens de pontos individuais.



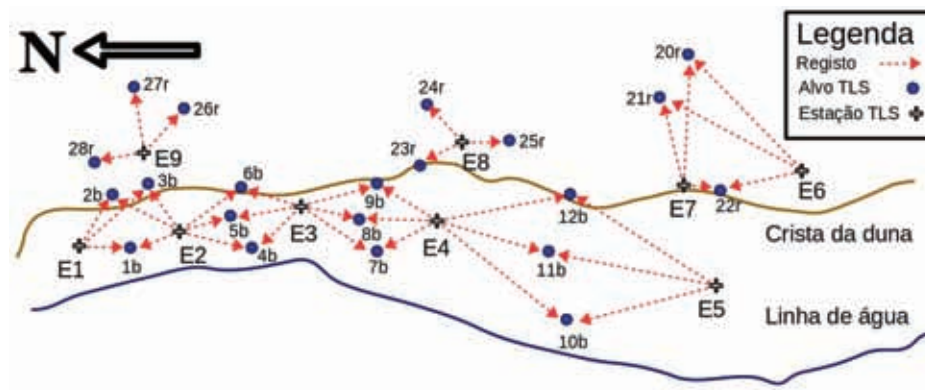


Figura 2 – Estações de aquisição dos dados

## 4. PROCESSAMENTO

Refira-se que pelo facto de se terem utilizado pontos de apoio coordenados por GNSS-NRTK tanto para o drone (8 GCPs) como para o TLS (21 alvos) o datum horizontal e vertical dos dados será o mesmo.

### 4.1. TLS

Para o co-registo das 9 nuvens de pontos 3D obtidas nos diversos estacionamentos TLS foram efetuados vários ensaios de co-registo com o software Leica Cyclone e foi escolhido o que conduziu ao menor valor da raiz quadrada do erro médio quadrático (rqem) do ajustamento. Assim o ensaio que obteve o melhor remq do ajustamento foi o que consistiu em escolher como alvos os pontos D-1b, D-6b, D-7b e D-12b, bem distribuídos espacialmente em XYZ e alternadamente entre a parte inferior da duna e a superior da duna (ver Figura 2). A Figura 3 mostra os valores obtidos para a parte inferior (erro médio de 4mm) e superior (erro médio de 12mm)

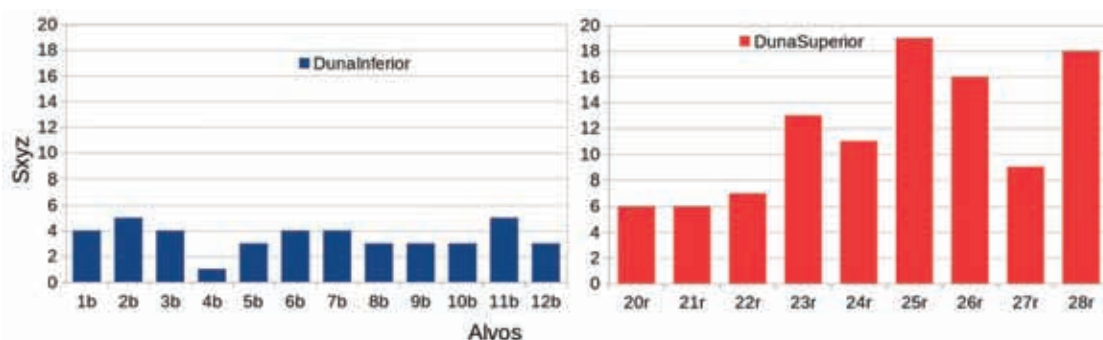


Figura 3 – Resultados do co-registo das posições do TLS (valores em mm)

### 4.2. Workflow fotogramétrico

Neste trabalho a modelação 2.5D pormenorizada e exaustiva da duna primária assume um papel relevante na monitorização topográfica com drones low cost equipados com câmaras de ação. Este modelo para além de ser de alta-resolução deve igualmente destacar com exatidão pequenas variações geomorfológicas, principalmente as que ocorrem na crista da duna.

O fluxograma de processamento fotogramétrico com o SFOS PAMP (Pastis/Apero/Micmac/Porto) está ilustrado na caixa a tracejado da Figura 4. Consiste basicamente nos seguintes passos genéricos (Duarte and Gonçalves, 2014): i) PASTIS para a determinação dos pontos de ligação entre as várias imagens do bloco; ii) APERO para a calibração da câmara e ajustamento do feixe do bloco de fotografias; iii) MicMac para a correlação densa entre múltiplos pares estéreo e produção das ortimagens; iv) PORTO para a mosaicagem



e equalização radiométrica das ortoimagens e consequente produção do ortofotomosaico da cobertura. O primeiro passo neste processo fotogramétrico, depois de determinados os pontos de ligação, é a calibração da câmara. Esta calibração foi feita recorrendo ao programa APERO, realizando uma auto-calibração (utilizando todas as imagens) utilizando um modelo de distorção radial com 3 parâmetros de distorção. O ajustamento por feixes perspectivos recorrendo aos GCP\_Photos permitiu então efetuar a correlação recorrendo ao MICMAC. Este programa, sendo parametrizável, pode sê-lo com o objetivo de realçar pequenas variações geométricas. O algoritmo de correlação densa utilizado neste trabalho e implementada no MICMAC pode ser consultado em (Pierrot-Deseilligny and Paparoditis, 2006), onde os parâmetros referidos a seguir são abordados. Os parâmetros mais importantes neste estudo são o fator de regularização e a janela de correlação do algoritmo utilizado. O fator de regularização utilizado foi baixo (0,002) com o objetivo de realçar pequenas variações geométricas. A janela de correlação foi igualmente pequena (3x3 pixels) para atingir o mesmo objetivo.

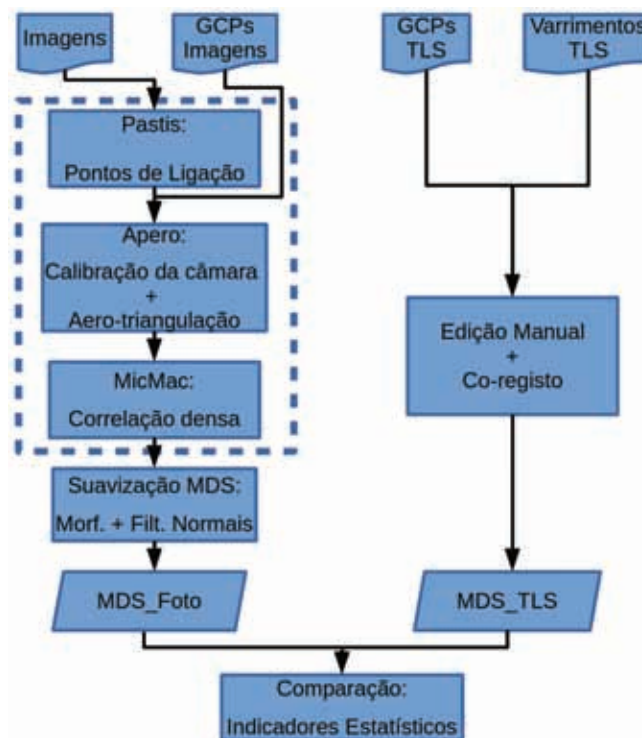


Figura 4 – Metodologia utilizada na avaliação da qualidade posicional; o bloco a tracejado indica o workflow fotogramétrico

### 4.3. Filtragem do MDS

A metodologia utilizada na filtragem do MDS-Drone consiste em duas fases. Na primeira fase é utilizada uma abertura morfológica com um raio de um pixel que permite eliminar os pixels isolados com de maior cota relativamente aos seus vizinhos. Numa segunda fase é removido o ruído (*denoising*) excessivo e de natureza aleatória da superfície causado pelo algoritmo de correlação densa, mantendo tanto quanto possível a rugosidade das linhas características do relevo (cristas e talvegues). Para este efeito é utilizado o algoritmo proposto por (Sun et al., 2007) que depois de converter cada célula do MDS em dois triângulos utiliza de forma iterativa dois passos principais: num primeiro passo (filtragem das normais) são calculadas as normais de cada face da malha triangular a partir duma média pesada das normais das faces dos triângulos vizinhos (i.e os que partilham um vértice dessa face triangular); num segundo passo (atualização dos vértices) tendo em conta estas normais são calculadas as novas posições (z) dos vértices do triângulo em análise e dos seus triângulos adjacentes (i.e os que partilham uma aresta dessa face triangular). A preservação dos detalhes é conseguida através da função peso que é dada a cada uma das normais das faces adjacentes no passo de filtragem das normais. As normais que estão mais alinhadas com a face em análise levam um peso maior. Aquelas que diferem mais do que um limiar estabelecido previamente assume-se que pertencem a outro lado



duma linha de quebra do relevo ou a um cume/covão isolado e atribui-se um peso zero.

Para avaliar o grau de filtragem/suavização do MDS utilizaremos o índice de similaridade estrutural (SSIM - *Structtural Similarity Index*) proposto por (Wang et al., 2004):

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (1)$$

onde  $\mu$  e  $\sigma$  são a média e desvio padrão dos MDS, x designa o MDS obtido por correlação e y o MDS obtido por TLS (ou seja a referência) e C1 e C2 duas constantes. Quanto maior for a similitude estrutural entre dois MDS maior será o valor de SSIM (o máximo é 1).

## 5. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL DO MDS

A exatidão posicional do MDS (ou do ortofoto) é influenciada por todas as componentes do “Sistema” drone completo, ou seja: veículo aéreo, sensores, plano de voo efetuado e software de processamento e não apenas por uma delas. Cada um destes fatores afeta, tanto individualmente como em combinação com outros, a qualidade posicional dos produtos obtidos com a tecnologia drone: por exemplo, uma má operacionalização do melhor drone pode viciar a exatidão posicional de um derivável (MDS ou ortofoto). Atualmente, assumindo que se seguem as melhores práticas na operação com um drone, este está equipado com uma câmara métrica, o apoio terreno é de grande qualidade e os algoritmos de produção dos ortofotos são robustos e precisos, é expectável conseguir-se uma exatidão posicional para o ortofoto de aprox. 1.5 GSD.

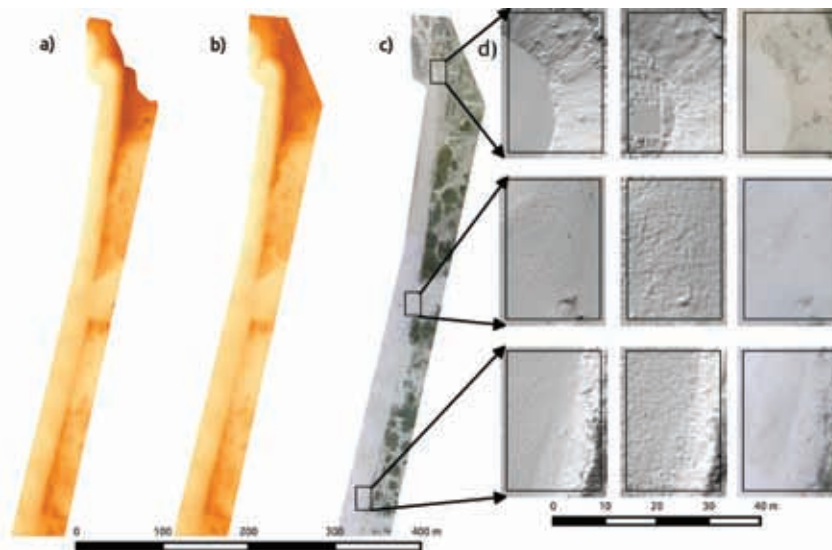


Figura 5 – MDS obtidos por drone (a) e por TLS (b); localização das áreas de teste utilizadas na avaliação da exatidão posicional (c) e detalhes dos MDS-UAV e MDS-TLS e ortofoto (d)

A metodologia utilizada na avaliação da qualidade do MDS-UAV consistiu em três fases. Numa primeira fase foram definidas três áreas de teste, bem distribuídas espacialmente pela área de estudo (Figura 5-c). Seguidamente, para avaliar visualmente a normalidade da distribuição dos resíduos de cada área de teste foram traçados: os histogramas dos resíduos verticais, sobrepondo-se as curvas da distribuição normal, e os gráficos quantis-quantis (Q-Q). Na terceira fase, utilizaram-se as seguintes medidas robustas para definir a exatidão vertical:

- os quantis 50% ( $Q_{\Delta h}$  (0.5)), 68.3% ( $Q_{|\Delta h|}$  (0.683)) e 95% ( $Q_{|\Delta h|}$  (0.95)),
- a mediana normalizada das diferenças absolutas  $NMAD = 1.4826 \cdot median_j (|\Delta h_j - m_{-\Delta h}|)$ .

Note-se que nestas equações  $\Delta h_j = [MDS_{TLS} - MDS_{UAV}]_j, j = 1, \dots, n$  designam os resíduos (ou diferenças) verticais entre as cotas TLS e as cotas UAV no ponto j de coordenadas  $(x_j, y_j)$  e  $m_{-\Delta h}$  é a mediana dos erros. Além



disso, o uso das distribuições  $\Delta h$  e  $|\Delta h|$ , deve-se ao facto de estarmos interessados também na magnitude dos erros e não apenas no seu sinal.

Quadro 2 - Avaliação do grau de filtragem com o índice SSIM

	Area_1	Area_2	Area_3
Original	0.580	0.262	0.368
Denoised	0.859	0.778	0.796

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 2 mostra claramente que nas três áreas de controlo da qualidade a filtragem (denoising) do MDS pela metodologia proposta melhorou significativamente o MDS aproximando-o da sua referência, ou seja o MDS obtido por TLS (os valores de SSIM aproximam-se da unidade).

A Figura 6 mostra os histogramas e os gráficos Q-Q para as três áreas teste utilizadas na avaliação da qualidade do MDS obtido por drone. Nas áreas 2 e 3 são evidentes os desvios relativamente à distribuição normal pelo facto dos histogramas dos resíduos verticais apresentarem os cumes mais acentuados. Na área 1 este efeito não é tão acentuado. No entanto a forma sigmóide dos gráficos Q-Q mostra claramente a não normalidade das distribuições nas três áreas.

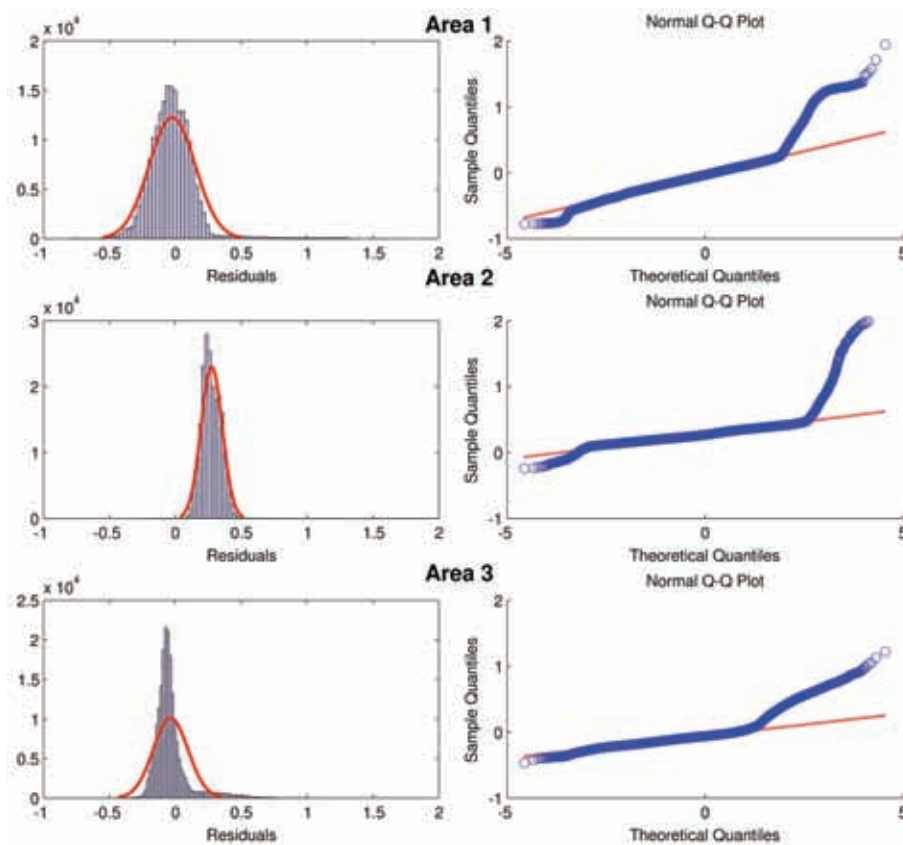


Figura 6 – Curvas da distribuição normal dos resíduos (vermelha) sobrepostas aos histogramas dos resíduos (esquerda); medidas robustas



Dado que os resíduos verticais não têm uma distribuição normal, é necessário utilizar medidas de exatidão robustas. O Quadro 3 mostra os valores obtidos para as medidas propostas.

Quadro 3 – Medidas de exatidão robustas para as três áreas (m)

Area	Npts	REMQ	Q50	NMAD	Q68.3	Q95
Area 1	197465	0.18	-0.03	0.14	0.14	0.31
Area 2	197465	0.29	0.27	0.07	0.31	0.39
Area 3	197465	0.14	-0.06	0.07	0.11	0.27
<b>Global</b>	<b>592395</b>	<b>0.21</b>	<b>0.14</b>	<b>0.22</b>	<b>0.22</b>	<b>0.37</b>

Utilizando o indicador remq a área com menos exatidão vertical é a Área 2 (central) e com maior exatidão vertical é a Área 3 (extremo sul). No entanto, se utilizarmos o indicador NMAD concluímos que as áreas 2 e 3 têm a mesma exatidão vertical sendo que a área 1 é a pior. Este facto releva que a área 2 estará mais afetada com outliers do que as duas outras áreas.

## 7. CONCLUSÕES

Neste artigo foi avaliada a exatidão vertical de MDS de sistemas dunares primários costeiros produzidos a partir da correlação densa de imagens obtidas por drone low-cost. Dado que a baixa qualidade da câmara de ação transportada pelo drone (GoPro Hero4 Silver) produz imagens com pouca qualidade o DSM produzido pela correlação densa contem um nível de ruído elevado, prejudicial em análises geomorfológicas. A metodologia utilizada na filtragem do MDS revelou-se eficaz dado que o índice de similaridade estrutural aumentou significativamente para as três áreas filtradas. Por outro lado a exatidão vertical do MDS filtrado (NMAD de 7cm para as áreas 2 e 3 e 14 cm para a área 1) mostra a adequabilidade da utilização desta metodologia na monitorização topográfica das dunas primárias.



## REFERÊNCIAS

- Baptista, P., Cunha, T., Bernardes, C., Gama, C., Ferreira, O., Dias, A. (2011). A Precise and Efficient Methodology to Analyse the Shoreline Displacement Rate. *Journal of Coastal Research* 27 (2), 223-232.
- Colomina, I., Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 92 (), 79 - 97.
- Davidson-Arnott, R., 2010. *An introduction to coastal processes and geomorphology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Duarte, D., Gonçalves, G. (2014). Produção automática de ortofotos em áreas urbanas utilizando veículos aéreos não-tripulados e software de código aberto. *Atas das Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologias da Informação Geográfica, Coimbra* 11 (), 705-722.
- Garrido, M., Giménez, E., Ramos, M., Gil, A. (2013). A high spatio-temporal methodology for monitoring dunes morphology based on precise GPS-NRTK profiles: Test-case of Dune of Mónsul on the south-east Spanish coastline. *Aeolian Research* 8 (), 75 - 84.
- Janssen, V., and Haasdyk, J. (2011). Assessment of Network RTK performance using CORSnet-NSW. In *International Global Navigation Satellite Systems Society - IGNSS Symposium 2011*. University of New South Wales, Sydney, NSW, Australia.
- Klemas, V. (2015). Coastal and Environmental Remote Sensing from Unmanned Aerial Vehicles: An Overview. *Journal of Coastal Research* 31 (5), 1260-1267.
- Mancini, F., Dubbini, M., Gattelli, M., Stecchi, F., Fabbri, S., Gabbianelli, G. (2013). Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for High-Resolution Reconstruction of Topography: The Structure from Motion Approach on Coastal Environments. *Remote Sensing* 5 (12), 6880-6898.
- Pierrot-Deseilligny, M., and Paparoditis, N. (2006). A multiresolution and optimization-based image matching approach: An application to surface reconstruction from spot5-hrs stereo imagery. In *In: Proc. of the ISPRS Conference Topographic Mapping From Space (With Special Emphasis on Small Satellites)*, ISPRS.
- Ryu, W., Sherman, D. (2014). Fore-dune Texture: Landscape Metrics and Climate. *Annals of the Association of American Geographers* 104 (5), 903-921.
- Sun, X., Rosin, P., Martin, R., Langbein, F. (2007). Fast and Effective Feature-Preserving Mesh Denoising. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 13 (5), 925-938.
- Wang, Z., Bovik, A., Sheikh, H., Simoncelli, E. (2004). Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing* 13 (4), 600-612.
- Watts, A., Ambrosia, V., Hinkley, E. (2012). Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use. *Remote Sensing* 4 (6), 1671.

## CONTACTO

Gil GONCALVES: gil@mat.uc.pt



## **MODELAÇÃO ESPACIAL DO POTENCIAL DE EXPLORAÇÃO APÍCOLA UTILIZANDO SOFTWARE OPEN SOURCE**

Natália ROQUE<sup>1</sup>, Paulo FERNANDEZ<sup>1,2</sup> e Ofélia ANJOS<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária, Castelo Branco, Portugal.

<sup>2</sup> ICAAM – Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Universidade de Évora, Évora, Portugal

<sup>3</sup> Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Portugal.

**RESUMO:** O ordenamento apícola é uma ferramenta decisiva para o apoio à tomada de decisão na identificação de zonas com maior potencial para a prática da apicultura. Com o suporte da cartografia temática os apicultores poderão detetar facilmente zonas que não cumpram os requisitos legais em vigor e selecionar as zonas para instalação e ou deslocalização dos seus apiários. Neste estudo foi desenvolvido um modelo análise espacial para avaliação do potencial de exploração apícola, que possibilita o apoio à tomada de decisão no ordenamento apícola em Zonas Controladas. A metodologia de análise espacial foi implementada em software Open Source, o Quantum GIS (QGIS), de modo a promover uma maior usabilidade da informação produzida no projeto pelos agentes envolvidos na atividade apícola. A sobreposição das diferentes fontes de informação geográfica através da análise espacial permitiu avaliar e classificar o potencial apícola, e identificar as áreas de conflitos entre apiários, de modo a proporcionar aos apicultores uma melhor gestão e planeamento da sua atividade. Este estudo insere-se no âmbito do Projeto ApiSIG - Modelação espacial do potencial de exploração apícola utilizando sistemas de informação geográfica do Programa Apícola Nacional.

**Palavras-chave:** SIG Open Source; Apicultura; Cartografia Temática, Ordenamento



## 1. INTRODUÇÃO

O sector apícola é uma atividade tradicionalmente ligada à agricultura. É normalmente, encarada como um complemento ao rendimento das explorações, existindo, contudo, uma minoria de apicultores para os quais a apicultura é a base das receitas de exploração.

O ordenamento do espaço rural de um modo geral e especificamente o ordenamento apícola é uma temática multidisciplinar, dado que envolve o conhecimento da apicultura e dos seus regulamentos, da economia, da modelação espacial, e da saúde pública. Neste processo de ordenamento é necessário sintetizar, sistematizar e modelar os dados espaciais de base para disponibilizar um suporte cartográfico que permita uma fácil utilização dos mesmos pelos organismos decisores [Fernandez et al., 2013; Anjos et al., 2013].

O conhecimento e o mapeamento das várias variáveis e restrições, que influenciam o potencial apícola numa região, são fundamentais e estratégicos para o apoio à tomada de decisão. No entanto, poucos trabalhos têm sido efetuados sobre esta temática. Alguns autores têm abordado a problemática da localização de apiários relacionada com as condições edafoclimáticas [Hauck et al. 2012; Amiri et al., 2012; Amiri et al., 2011; Lidóneo et al. 2010; Maris et al., 2008] Em Portugal foi iniciado o estudo desta temática de forma organizada, de modo ser desenvolvida uma ferramenta baseada em Sistemas de informação Geográfica (SIG) para apoio à tomada de decisão em apicultura [Anjos et al., 2013; Fernandez et al., 2013; Lidóneo et al. 2010].

Este trabalho pretende demonstrar a aplicação da Análise Multicritério baseada em SIG (AMC-SIG) num software SIG Open Source, o Quantum GIS (QGIS), para avaliação do potencial apícola de forma obter-se uma ferramenta para utilização por parte dos apicultores no apoio à tomada de decisão na instalação e na deslocalização dos seus apiários.

No processo de migração para o Quantum GIS foi integrada a base de dados geográfica com as seguintes variáveis o Modelo Digital do Terreno (MDT); a localização geográfica (GPS) dos apiários; ocupação e uso do solo; rede hidrográfica, massas de água, e outros pontos de água, radiação solar; proximidade a caminhos rurais e distância a Radiação ionizante (antenas de telecomunicações; rede de transporte de energia elétrica alta e muito alta tensão) como restrições tomaram-se em conta as definidas no DL. 203/2005, de 25 Novembro, que define a existência de condicionantes à atividade apícola na proximidade da rede viária e nas zonas urbanas.

A metodologia para avaliar o potencial apícola baseado em AMC-SIG consiste nas seguintes etapas: 1) definição da estrutura hierárquica dos critérios de decisão; 2) standardização dos critérios com funções de lógica difusa; 3) ponderação dos critérios através do Processo Hierárquico Analítico ou Analytic Hierarchy Process (AHP), que consiste na definição de graus de relevância através da comparação de pares de características; e 4) Agregação dos vários critérios através da combinação linear ponderada ou Weighted Linear Composition (WLC).

A comparação dos critérios para avaliação do potencial apícola é condicionada pelo facto destes apresentarem diferentes escalas de medida, o que torna necessário a sua standardização numa escala comum.

Os problemas AMC-SIG envolvem critérios de importância variável para os decisores, por isso é necessária informação relativa sobre os critérios. Essa informação é, normalmente, obtida através da atribuição de um peso para cada critério. A atribuição de pesos para os critérios é a forma de expressar o grau de importância de cada um em relação aos outros que estão no processo de avaliação. Para estimar os pesos dos critérios que influenciam o potencial apícola foi realizado um inquérito aos apicultores e aos investigadores da área da apicultura.

## 2. CONCLUSÕES

Podemos verificar que 76% dos apiários, cartografados, estão instalados em classes de potencial apícola médio e alto, o que permite sugerir a deslocalização de apiários de forma a melhorar a atividade apícola nesta região.





## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo projecto ApiSIG - Modelação espacial do potencial de exploração apícola utilizando sistemas de informação geográfica do Programa apícola nacional, Medida 6a – apoio a projetos de investigação aplicada.

## REFERÊNCIAS

Amiri, F.; Rashid, A.; Shariff, M. (2012). Application of geographic information systems in land use suitability evaluation for beekeeping: A case study of Vahregan watershed (Iran). *African Journal of Agricultural Research*, n.1, v.7, p. 89-97.

Amiri, F.; Rashid, A.; Shariff, M.; Arekhi, S. (2011). An Approach for Rangeland Suitability Analysis to Apiculture Planning in Gharah Aghach Region, Isfahan-Iran. *World Applied Sciences Journal*, v.12, n.7, p.962-972.

Anjos, O.; Marques, J.; Fernandez, P.; NETO, J.; ALVES, D. (2013). Desenvolvimento de uma metodologia SIG para ordenamento apícola. *O Apicultor*, v. 80, p. 2-9.

Fernandez, P.; Marques, J.; ANJOS, O. (2013). Cartografia de apoio à tomada de decisão em apicultura. *Agrotec*, v.Setembro, p.41-47.

Hauck, J.; Görg, C.; Varjopuro, R.; Ratamáki, O.; Maes, J.; Wittmer, H.; Jaxd, K. (2013). Maps have an air of authority”: Potential benefits and challenges of ecosystem service maps at different levels of decision making. *Ecosystem Services*, v.4, p.25-32.

Lidónio, E.; Graça, F.; Roque, N.; Antunes, IM.; Anjos, O. (2010). Caracterização da actividade Apícola no Município de Vila Velha de Ródão. Livro de actas do IV CER – Congresso de Estudos Rurais, Mundos Rurais em Portugal – Múltiplos Olhares, Múltiplos Futuros. Universidade de Aveiro, 4 a 6 de Fevereiro, p. 86-100.

Maris, N.; Mansor, S.; Shafri, H.Z. (2008). Apicultural site zonation using GIS and Multi-Criteria Decision analysis. *Pertanika. J. Trop. Agric. Sci.*, v.31, n.2, p.147-162.

## CONTACTOS

Natália ROQUE: nroque@ipcb.pt;

Paulo FERNANDEZ: palex@ipcb.pt;

Ofélia ANJOS: ofelia@ipcb.pt.



## **OTIMIZAÇÃO DE CIRCUITOS DE INSPEÇÃO DE PAVIMENTOS: APLICAÇÃO À REDE RODOVIÁRIA NACIONAL**

Alexandre B. GONÇALVES<sup>1,2</sup>, Marta C. GOMES<sup>1,3</sup> e Filipe GOMES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, Lisboa, Portugal

<sup>2</sup> CERIS-ICIST – Instituto de Engenharia de Estruturas, Território e Construção – Instituto Superior Técnico

<sup>3</sup> CERIS-CESUR – Centro de Sistemas Urbanos e Regionais – Instituto Superior Técnico

**RESUMO:** A Infraestruturas de Portugal S.A. (IP) é o organismo ao qual está concessionada a gestão de cerca de 14000 km da rede rodoviária nacional. A IP efetua uma inspeção anual de toda a rede recorrendo a um equipamento de recolha de dados designado perfilómetro laser. Este é instalado num veículo que deverá percorrer a rede concessionada. Dada a extensão da rede e a quantidade de possíveis planos de inspeção, interessa dispor de soluções que minimizem os custos da operação. Para tal, apresenta-se um modelo de otimização para este problema, que tem em conta determinadas restrições técnicas, como a manutenção dos sentidos de inspeção ou a necessidade de calibrar regularmente o equipamento em locais específicos. O modelo foi implementado no sistema de modelação GAMS e resolvido com o solver CPLEX para o caso do distrito de Bragança, tendo os parâmetros sido quantificados com recurso a um processamento da cartografia da rede rodoviária nacional e a funções de análise de redes disponíveis em ArcGIS. Em SIG foram também validadas as soluções apresentadas, apontando os resultados para melhorias apreciáveis face aos atuais planos de inspeção, traduzindo-se em poupanças significativas.

**Palavras-chave:** inspeção de pavimentos, otimização de rotas, programação linear, SIG.



## 1. INTRODUÇÃO

A Infraestruturas de Portugal, S.A. (IP) é a instituição nacional responsável pela gestão da rede ferroviária nacional e por parte da rede rodoviária. Todos os anos, uma inspeção deverá ser efetuada na rede sob sua concessão, o que inclui a rede de estradas nacionais e alguns segmentos de autoestrada, num total que ronda os 14000 km. A inspeção é efetuada diretamente através do registo de diversos parâmetros relacionados com a geometria e as condições do pavimento, entre outros dados relevantes, recolhidos por um equipamento designado perfilómetro laser (Road Surface Tester Laser - RST) instalado a bordo de um veículo equipado também com registo de imagem. No processo existe uma série de restrições técnicas relativas à manutenção e calibração do equipamento RST, que deverão ser efetuadas semanalmente nas instalações da IP em Almada ou Coimbra. Também se deve ter em conta o próprio procedimento de inspeção: para a maior parte das estradas, que têm duas direções de circulação e pelo menos duas faixas, é suposto que as condições do pavimento são equivalentes em toda a extensão transversal da via, pelo que basta efetuar o percurso de recolha de dados numa só via e sentido. Em vias rápidas e autoestradas onde existe separação de vias, ambas deverão ser inspecionadas. A IP executa normalmente esta operação no período estival e mantém um registo de rotas de inspeção que cobre toda a rede nacional sob sua responsabilidade e que é baseado em planos empíricos seguidos nos últimos anos.

A implementação do plano de rotas de inspeção é uma operação dispendiosa em tempo e recursos humanos e financeiros. Um total de 65 dias de trabalho é necessário para cobrir toda a rede nacional, à velocidade média de 55 km/h. Os planos são apoiados por informação geográfica armazenada e analisada no sistema de informação geográfica (SIG) institucional, que detalha a geometria e os atributos de toda a rede viária, e não só da que deverá ser inspecionada. Os conjuntos de dados geográficos têm cerca de 14200 segmentos no total.

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento e aplicação de um modelo para definição das rotas de inspeção para a rede viária sob concessão da IP, que permita manter as restrições técnicas associadas ao processo, minimizando o custo total da operação.

## 2. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos indicados, desenvolveu-se uma metodologia com os seguintes passos:

- Recolha e processamento da informação geográfica da rede rodoviária nacional (especificamente, convertendo os dados para um formato que possa ser lido pelo programa de otimização), utilizando software SIG;
- Desenvolvimento de um modelo de otimização capaz de representar as restrições técnicas do problema, por adaptação do Problema do Carteiro Rural (RPP);
- Implementação do modelo de otimização, utilizando uma linguagem de modelação e um solver comercial. O modelo desenvolvido foi implementado em GAMS e os resultados obtidos foram analisados por comparação com os valores presentes no atual diário de operações da empresa.

### 2.1. Recolha e processamento de dados

A IP mantém uma base de dados geográfica relativa às entidades da rede viária nacional na forma de geodatabases, com conjuntos de dados topologicamente coerentes e que permitem representações adequadas a grandes escalas (por exemplo, os eixos de via das rotundas estão representados através de várias entidades). Dado o pormenor posicional e dos atributos associados, os dados permitem representações cartográficas de grande rigor, que permitem caracterizar toda a rede. A IP também mantém um registo das rotas de inspeção anteriores e estabeleceu planos de inspeção empíricos com indicações de percursos diários que orientam o processo de inspeção. Neste trabalho efetuou-se o processamento de conversão da informação geográfica para um formato legível pelo software de otimização escolhido, tendo por base a rede viária do distrito de Bragança (Figura 1). Incluíram-se ainda alguns segmentos de ligação no distrito de Vila Real, próximos da fronteira com o distrito em estudo, para permitir eventuais saídas e reentradas.



Figura 1– Rede viária a inspecionar no distrito de Bragança

Foi necessário ter em conta o nível de pormenor exigido para a descrição dos novos planos. Para tal, foram editados os dados, orientados para saídas cartográficas, transformando-os numa versão simplificada da topologia da rede, mantendo as relações topológicas existentes: por exemplo, no processo não será necessário considerar todos os pequenos segmentos de via que definem uma rotunda convencional, uma vez que esta pode, em termos da representação de rotas, ser reduzida a um nó onde convergem diversas vias. Os pares de entidades paralelas do mesmo segmento de via a inspecionar foram representados apenas por um, correspondente ao eixo de via. Esta simplificação foi efetuada manualmente e a completude e correção da topologia foram validadas através de um network dataset construído em ArcGIS (ESRI, 2011). Após a validação da estrutura topológica da rede assim obtida, esta foi ainda sujeita a testes de validação de sentidos dos percursos, no sentido de indicar apenas travessias possíveis. A Figura 2 ilustra um percurso de validação.

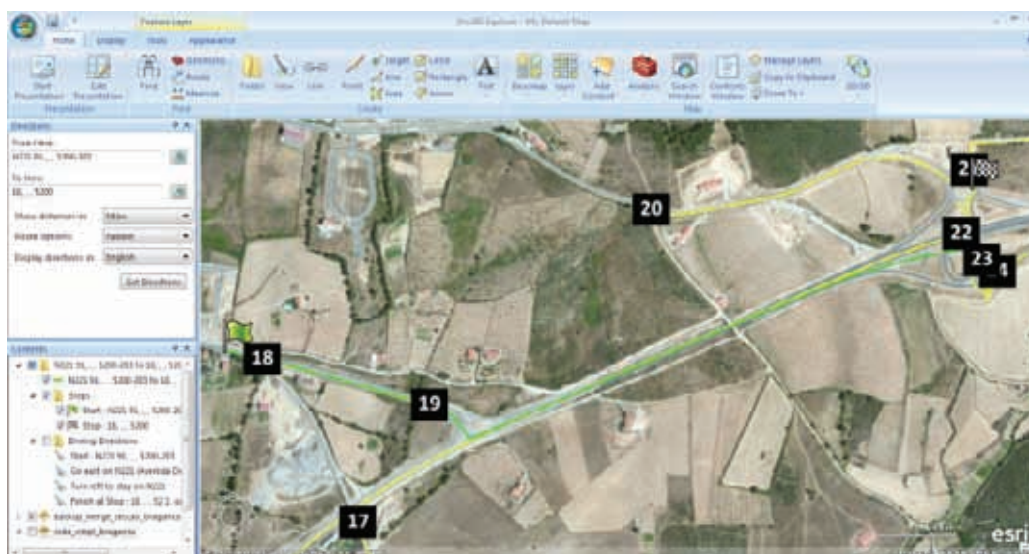


Figura 2 – Ilustração de sessão de validação da topologia.

Terminada a fase de edição, a tarefa seguinte consistiu na atribuição de identificadores únicos a cada entidade que representa um segmento a inspecionar e a ambos os seus pontos extremos. Esta operação, ilustrada na Figura 3, quebra os nós – onde dois ou mais segmentos convergem – em vários nós.

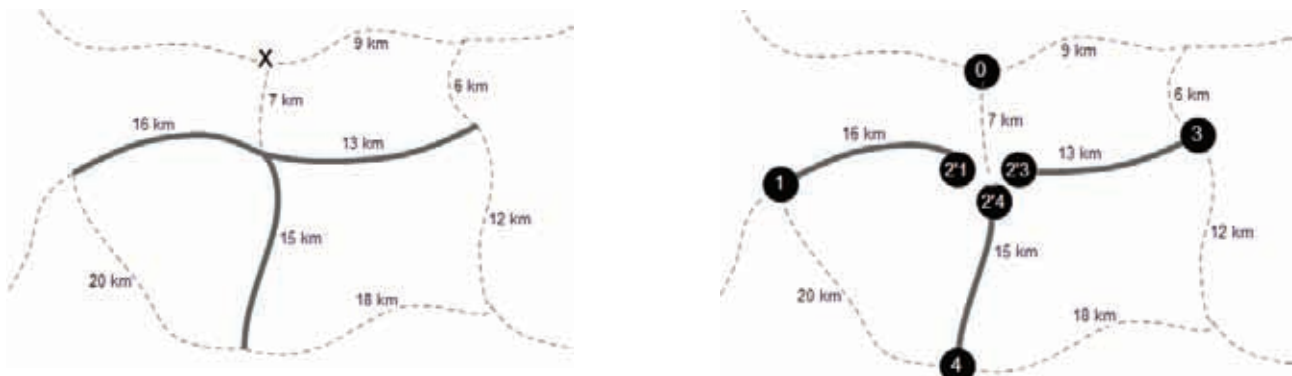


Figura 3 – Processamento de dados: multiplicação de nós convergentes

Na figura 3, o nó 2, que era a interseção de vários segmentos, dos quais três deverão ser inspecionados, é quebrado em três novos nós virtuais – designados 2'1, 2'2 e 2'3, cada um dos quais é associado a um dos segmentos. A distância interna entre os vários nós que resultam desta quebra é zero. Seguidamente, a distância mais curta entre cada par de nós, independentemente de pertencerem ou não a segmentos de via a inspecionar, é calculada com base no módulo de análise de redes (produção de uma matriz origens-destinos). Note-se que estas distâncias entre nós podem ter em conta toda a rede viária, não se limitando aos segmentos de via a inspecionar.

Uma lista completa de pares de nós com a correspondente distância mínima poderá então ser fornecida como input ao modelo de otimização.

## 2.2. Modelo para rotas de inspeção

O problema em questão pode ser caracterizado, entre os problemas de otimização de rotas, como um problema de rotas em arcos, correspondendo ao designado Problema do Carteiro Rural (Rural Postman Problem – RPP), no qual apenas um subconjunto de arcos de um grafo tem que ser visitado por uma rota ou um conjunto de rotas. Desenvolveu-se um modelo de programação linear especificamente para o problema, tendo por base o modelo assente em vértices do grafo apresentado por Monroy-Licht et al. (2014). Para a eliminação de sub-rotas foi adaptada a formulação de Miller-Tucker-Zemlin (Miller et al., 1960, in Pataki, 2003) originalmente aplicável ao Problema do Caixeiro Viajante (Travelling Salesman Problem – TSP).

As variáveis de decisão indexadas  $(i, j)$  em todas as combinações de pares de nós são binárias e tomam o valor 1 no vértice  $j$  se este for imediatamente visitado após o vértice  $i$  e 0 em todos os restantes casos. Foram incluídas variáveis auxiliares inteiras no modelo, para permitir a eliminação de sub-rotas. Dado o custo de inspeção de cada arco  $(i, j)$  a visitar, a função-objetivo é a minimização do custo total. No caso de estudo contaram-se 264 nós, e 69696 variáveis de decisão indexadas, as quais integram um número total de 70225 variáveis para 71148 equações.

Foram desenvolvidas formulações para duas variantes do problema: uma com sentidos de circulação impostos (i); e uma formulação mista, sem sentido imposto a não ser nos segmentos de autoestrada (ii). A imposição de um sentido testada através da variante (i) poderá ter algum interesse para a instituição já que permite comparar diretamente a(s) solução(ões) apresentadas pelo modelo com a solução empírica atual descrita em diário de operações, mantendo um registo histórico coerente.

## 3. APLICAÇÃO E RESULTADOS

Nesta secção é descrita a aplicação do modelo de otimização de rotas de inspeção, sujeito às restrições técnicas do processo. Como parâmetros globais, consideraram-se os valores da velocidade média de inspeção, velocidade média para ligações (viagens em troços de ligação, fora do âmbito da inspeção), consumo de combustível, preço de combustível, salário diário e custos de pernoita em alojamento (a custos de novembro de 2015), no sentido de indicar valores realistas para o custo total da operação.



O modelo foi implementado no sistema GAMS (GAMS Development Corporation, 2013) e resolvido com o solver IBM ILOG CPLEX, versão 12.6.1. O modelo foi testado através da resolução do mesmo durante determinados períodos de tempo pré-estabelecidos, verificando se os resultados conseguidos se traduziam numa solução ótima, ou próxima do valor ótimo, em tempos aceitáveis.

No Quadro 1 apresentam-se as características numéricas do modelo (expressas em número de variáveis e de equações) assim como o número de iterações da procura branch-and-bound e o intervalo de otimalidade (gap relativo e absoluto) para diferentes tempos de CPU (de 2 a 60 minutos), para o caso da variante mista (formulação ii). Através da sua análise, conclui-se que em apenas uma hora é possível obter uma solução que difere da solução ótima em apenas 16 km (1,11%).

As melhores soluções encontradas para as formulações i e ii (soluções ótimas ou bastante próximas do ótimo – gap relativo próximo de 0%), foram então comparadas com o plano atual. Através da comparação efetuada, concluiu-se que ambos os modelos apresentam uma redução face à solução empírica atual superior a 40%, seja em distância ou no custo estimado de operação. O principal fator responsável pela redução indicada é a utilização de um percurso de inspeção que visita todos os troços pretendidos com uma menor distância total percorrida. Os resultados do Quadro 2 sintetizam a comparação, sendo utilizadas as melhores soluções (ótimas ou bastante próximas do ótimo) de cada variante do modelo e apresentando o valor das soluções em distância e custo. Para este último considera-se a opção de pernoitar em Bragança e os custos de combustível, de alojamento e salários.

Quadro 1 – Resumo das características numéricas e resultados do modelo (formulação mista)

Característica	Valor			
Número de variáveis	70225			
Número de equações	71148			
Número de iterações	8128	39348	147303	765369
Tempo de CPU (minutos)	2	10	30	60
Gap relativo (%)	27,39	7,88	6	1,11
Gap absoluto (km)	530	123	92	16

Quadro 2 – Resultados (em comprimento total do percurso e custo) e reduções de custo das soluções com pernoita em Bragança, para as duas variantes consideradas.

Variante	Extensão (km)	Custo (€)	Redução (%)
Solução empírica atual	3281	1308	-
Formulação com direções impostas (i)	1834	731	44
Formulação mista (ii)	1718	685	48

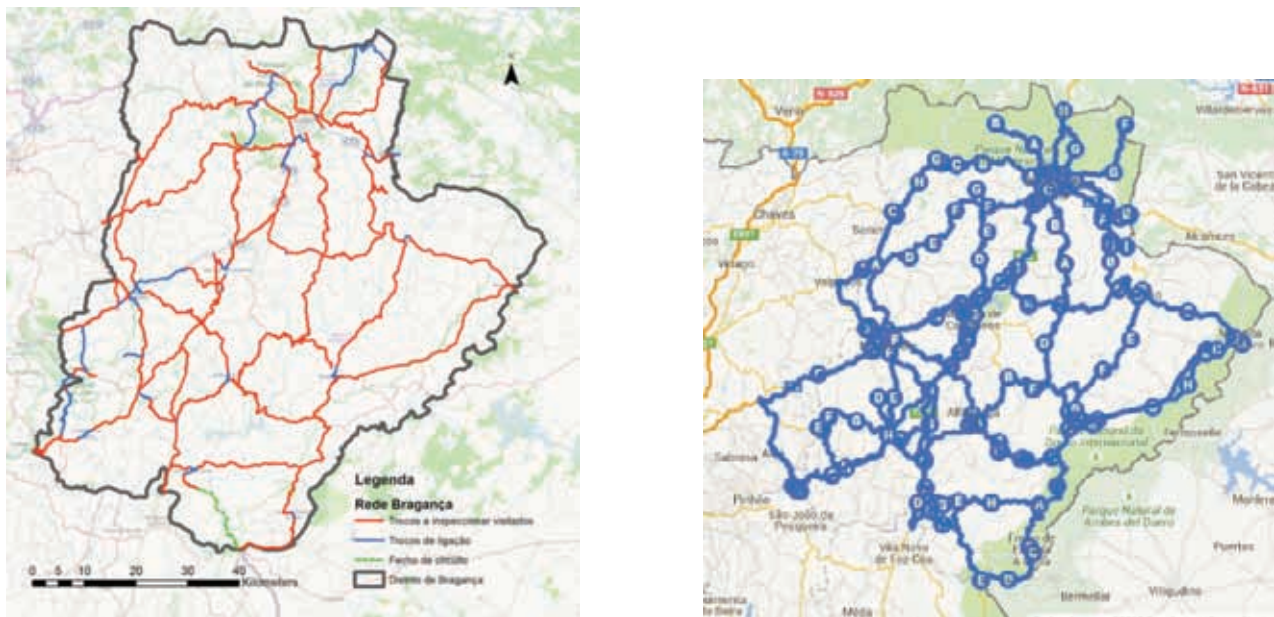


Figura 4 – Ilustração do percurso ótimo correspondente a uma das variantes

Os resultados obtidos pelo solver foram convertidos em sequências ordenadas de nós e georreferenciados no software SIG utilizado, para mapeamento dos percursos ótimos. A Figura 4 ilustra o percurso ótimo correspondente a uma das variantes (sem imposição de sentido de visita aos segmentos). Note-se a utilização esporádica de troços de ligação (a azul na figura da esquerda) entre os segmentos a visitar. Além da capacidade de mapeamento das rotas, uma vantagem adicional na utilização do módulo de análise de redes como plataforma de visualização de resultados é a descrição textual do percurso, possibilitando a sua utilização como guia, sem necessidade de processamento posterior.

#### 4. CONCLUSÃO

O modelo de otimização desenvolvido para o problema de inspeção de rotas foi capaz de produzir soluções que representam uma significativa redução de custos quando em comparação com a solução atualmente adotada, de base empírica.

Ao restringir o sentido de inspeção de cada segmento da rede viária, de modo a que a visita se processe de modo a reproduzir o sentido do plano atual, foram atingidas poupanças na ordem de 44%. Uma redução adicional de 4% pode ser obtida se o sentido de inspeção não for imposto.

Um futuro desenvolvimento deste trabalho é a sua extensão à totalidade do território de Portugal Continental, eventualmente dividido em zonas, para produzir planos de inspeção comparáveis com a atual solução empírica. Uma outra capacidade que se pretende desenvolver é a integração do gerador de soluções com os sistemas de bordo para poder, em tempo real, gerar alterações ao plano por motivos imprevistos de trânsito ou acidentes.



#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Infraestruturas de Portugal, S.A. (IP) a cedência de dados para esta investigação.

#### REFERÊNCIAS

ESRI (2011). ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

GAMS Development Corporation (2013). General Algebraic Modeling System (GAMS) Release 24.2.1. Washington, DC, USA, 2013.

Miller, C.E., Tucker, A.W., Zemlin, R.A. (1960). Integer Programming Formulations and Traveling Salesman Problems, *Journal of the Association for Computing Machinery* 7, 326-329.

Monroy-Licht, M., Amaya, C.A., Langevin, A. (2014). The Rural Postman Problem with Time Windows. *Networks*, 64(3), 169-180.

Pataki, G. (2003). Teaching integer programming formulations using the traveling salesman problem. *SIAM Review*, 45(1), 116-123.

#### CONTACTOS

Alexandre B. GONÇALVES: alexandre.goncalves@tecnico.ulisboa.pt

Marta C. GOMES: marta.gomes@tecnico.ulisboa.pt

Filipe F. GOMES: filipe.f.gomes@hotmail.com





## **MONITORING OF HABITATS AT THE LEVEL OF A NATURA 2000 SITE – ‘MOHANA’ MOBILE AND WEB APP**

Francisco GUTIERRES<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Geography and Spatial Planning, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal

**ABSTRACT:** Habitat and environmental monitoring represents a class of native geo apps over web app applications with potential benefits for scientific communities and the society. These can be used to make available natural habitats information's and promotion of their conservation status and restoration and enable long-term data collection at scales and resolutions difficult to obtain.

The Mohana project has been developed by the Institute of Geography and Landscape Planning of the University of Lisbon and funded by the European Commission in the context of the MYGEOSS EU project.

The main objective of “Mohana” app is a contribute to the monitoring of Natura 2000 habitats and protection of biodiversity. It allows users to capture the location of a feature, record information about it and even attach a photo. All observations will be submitted to the Mohana GeoForm, online hosted layers according with the INSPIRE Data Specification on Habitats, Biotopes and Species Distribution. Moreover, it can be visualized with basemaps, GIS data layers such as Natura 2000 boundaries and Copernicus OGC WMS. The web app solution offers several functionalities, such as geoprocessing, query and routing tools.

Furthermore, the “Mohana” app intends to contribute to the EU biodiversity strategy to 2020, ESS Eurostat and JRC strategies providing a tool that can be used and replicated by all Member States since it is based on European wide data under a free and open data policy.

**Keywords:** natura 2000, site of community importance, habitat, species, monitoring, mobile application, MYGEOSS



## 1. INTRODUCTION

Natura 2000 is a network of core breeding and resting sites for rare and threatened species, and some rare natural habitat types which are protected in their own right. It stretches across all 28 EU countries, both on land and at sea. The aim of the network is to ensure the long-term survival of Europe's most valuable and threatened species and habitats, listed under both the Birds Directive and the Habitats Directive [European Commission, 2016a].

Natura 2000 is not a system of strict nature reserves from which all human activities would be excluded. While it includes strictly protected nature reserves, most of the land remains privately owned. The approach to conservation and sustainable use of the Natura 2000 areas is much wider, largely centered on people working with nature rather than against it. However, Member States must ensure that the sites are managed in a sustainable manner, both ecologically and economically [Gutierrez, 2014].

Habitat and environmental monitoring represents a class of native geo apps over web app applications with potential benefits for scientific communities and the society [Mainwaring et al., 2002]. These can be used to make available natural habitats information's and promotion of their conservation status and restoration and enable long-term data collection at scales and resolutions difficult to obtain.

The Web 2.0 is in the creative integration and is now used as a platform for the creation of native and web applications. This allows the generation of innovative and original services [Pesaresi & Biondi, 2010; Romagnoli et al., 2007].

In this study, we present the "Mohana" native app and web app solution that was set up using ESRI base-maps, online hosted layers according with the INSPIRE Data Specification on Habitats, Biotopes and Species Distribution, GIS data layers such as Natura 2000 boundaries and Copernicus OGC WMS.

This is a native geo app and a web application that allows monitoring of the distribution of Natura 2000 habitats (Annex I, Directive 92/43/EEC) at the SIC level. These has been correctly developed and integrated with the AppStudio for ArcGIS (native geo app) and the Web AppBuilder for ArcGIS (Web mapping app). The "Mohana" native app allows users to capture the location of a feature, record information about it and even attach a photo. Additionally, the "Mohana" web app solution, integrated inside the native geo app, offers several functionalities, such as geoprocessing, query and routing tools.

Furthermore, the "Mohana" solutions intends to contribute to the EU biodiversity strategy to 2020, ESS Eurostat and JRC strategies providing a tool that can be used and replicated by all Member States since it is based on European wide data under a free and open data policy.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1. System architecture

The native app takes advantage of mobile equipment, GPS support functions and camera, allowing the customization of the app for mobile devices based on recent ESRI API "Studio for ArcGIS" for multi-platforms (e.g. Android, iOS).

The web app version approach will take full advantage of the ArcGIS WebApp Builder, allowing the integration of advanced functionalities: Editing, dynamic maps, routing tools and advanced Geoprocessing services (Figure 1).

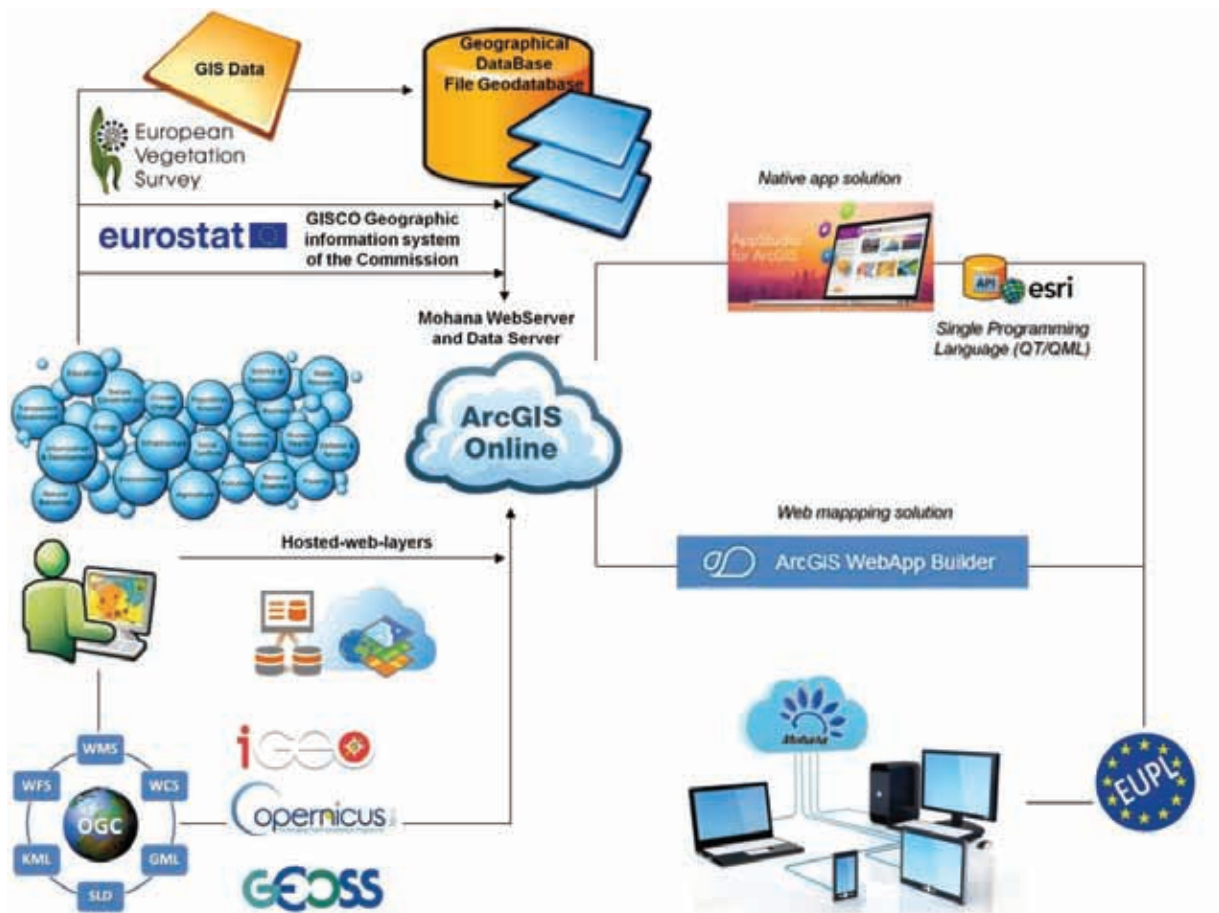


Figure 1 – “Mohana” system architecture

## 2.2. Data Sets

This project results in the collection of layers, also called web layers, integrating all known European network of protected sites, such as Natura 2000 and Ramsar, Habitat, Species, Copernicus Land Monitoring Services (land cover / land use (LC/LU) - information in the CORINE Land Cover data and the High Resolution Layers -, administrative boundaries, named locations, water network, transport network, settlement and the elevation data for Europe (Table 1).

The data used in layers was provided in a variety of sources, including ArcGIS Online hosted services, ArcGIS Server services, CSV files, KML files, feature collections, and OGC services. All updateable datasets were acquired from the original data source, for example, Copernicus Land Monitoring Services, European Environment Agency, Eurogeographics and GBIF website.

Data was processed into web layers using feature service -ArcGIS Server- and webmap -ArcGIS On-Line- through the public organization account of the Institute of Geography and Territorial Planning of the University of Lisbon (IGOT-UL).



Table 1 – Data sources (continue)

Designation	Type	Owner
A - Copernicus Land Monitoring Services / Pan-European component		
A1 - CORINE Land Cover (CLC)		
A1.1 - CLC 1990		
A1.2 - CLC 2000		
A1.3 - CLC 2006		
A1.4 - CLC 2012		
A1.5 - LCC 1990-2000		
A1.6 - LCC 2000-2006		
A1.7 - LCC 2006-2012		
A2 - High Resolution Layers		
A2.1 – Imperviousness	European Data Sets	European Environment Agency (EEA)
A2.1.1 – Imperviousness 2006		
A2.1.2 – Imperviousness 2009		
A2.1.3 – Imperviousness 2012		
A2.1.4 – Imperviousness Change 2006-2009		
A2.1.5 – Imperviousness Change 2009-2012		
A2.2 – Forests		
A2.2.1 – Tree Cover Density 2012		
A2.2.2 – Forest Type 2012		
A2.3 – Wetlands		
A2.4 – Permanent Water Bodies		
B - Copernicus Land Monitoring Services / Local component		
B1 - Urban Atlas		
B1.1 - Urban Atlas 2012		
B2 - Riparian Zones		
B2.1 – Land Cover/ Land Use (LCLU)	European Data Sets	European Environment Agency (EEA)
B2.2 – Delineation of Riparian Zones (DRZ)		
B2.3 – Green Linear Elements		
B3 - Natura 2000 (N2K)		
B3.1 – N2K 2006		
B3.2 – N2K 2012		



Table 1- Data sources (continuation)

Designation	Type	Owner
C - Copernicus Land Monitoring Services / In-situ component C1 - DEM & Derived products C1.1 - EU-DEM, SLOPE, ASPECT and HILLSHADE C2 – LUCAS Survey C2.1 - LUCAS (2009 and 2012)		
D - EuroGlobalMap D1 - Administrative boundaries		EuroGeographics
E – Natura 2000 - European network of protected sites (borders of sites)		Directorate-General for Environment (DG ENV)
F – Ramsar Sites		Ramsar Secretariat
G – European Vegetation Survey (EVS) / European Coastal Vegetation Database		European Vegetation Survey (EVS)
H - Global Biodiversity Information Facility (GBIF) H 1 - Flora-On: occurrence data of the flora of mainland Portugal H 1.1 – Endemic species (Flora On) H 1.2 – EC Habitats Directive Annex B-II and B-IV species (Flora-On)	National Data Sets	Owners: The authors of the observations.  Data custodians: 'Sociedade Portuguesa de Botânica' (Botanical Society of Portugal).
I - Land Use and Land Cover Map of Portugal Mainland (COS)		Directorate-General for Territory (DGT)
J - National System of Hydric Resources Information (SNIRH) J1.1 – Coastal beaches dataset		Portuguese Environment Agency (APA)
L - National Forest Inventory (NFI)		Institute for Nature Conservation and Forests (ICNF)
M – Mohana GeoForm	Crowdsourced issues or observations (European)	Owners: European Commission, GEOSS Portal. Data custodians: Institute of Geography and Territorial Planning of the University of Lisbon (IGOT-UL).

### 2.3. Data sharing

A long-term data sharing and preservation plan was implemented to store and make publicly accessible the data. The data sets included in this project was included in the Mohana app (native and web app) as web services through ArcGIS Server (ESRI) and web layers/webmaps from ArcGIS Online platform (ESRI).

ArcGIS Online, through the public account of the IGOT-UL, provides a new set of free and high performance Web services. All services are based on the available data, and are served over the Internet using the ArcGIS Server of the IGOT-UL (Figure 2).

All research data collected under the project is owned by the European Commission under the EUPL licence.

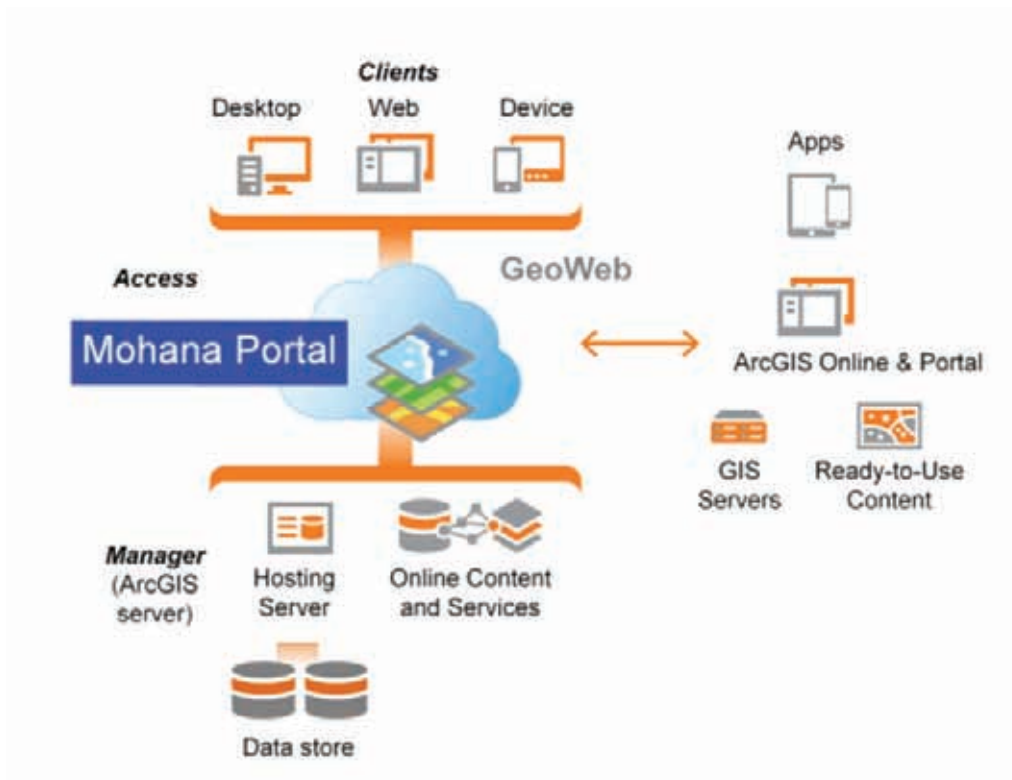


Figure 2 – “Mohana” data-sharing and integration scheme

### 3. RESULTS

#### 3.1. Installation

In order to install the Mohana app on your smartphone or tablet device running Android 4.0 or higher, go to Google Play store, select “applications” and search for “Mohana”.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.esri.appb92f27d0cdf34b6bbc7df0f71947e4c4>

The Mohana app installation files for multi-platforms (Android, Windows X86 and X64 and Linux (64 bit)) can be downloaded at the Landing Page (available on Mohana’s web page, see the bottom “Visit web page” of the Mohana’s Google Store page).

#### 3.2. Native Application

In the Mohana Native application main page, you will see two options: “Start” button and the “Show Information” button. The “i” (information) icon on the “Start” page shows the description and the Privacy Statements of the app. The “Start” app button will give you access to the different app functionalities that are described below (Figure 3).



Figure 3 – Main menu of the Mohana Native application

### 3.2.1. Report tool

#### 3.2.1.1. Capture and location functionalities

This section shows the “Report” functionality, which is obtained through your device’s geolocation and camera (Figure 4). In the lower part of this screen, you will see the URL of the Mohana Web Mapping Application (Figure 5) (see section 3.3 for full details).

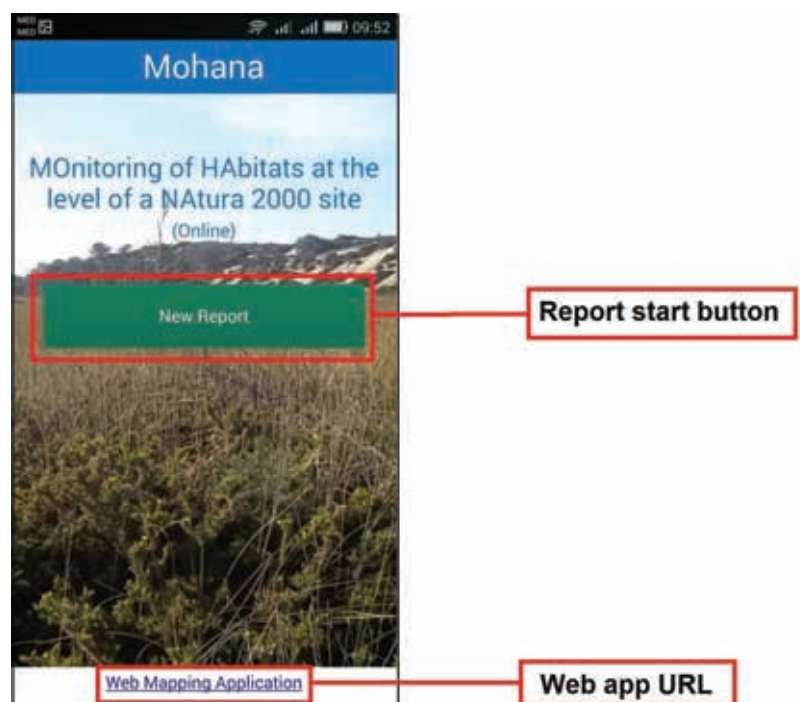


Figure 4 – Report tool and Web Mapping Application

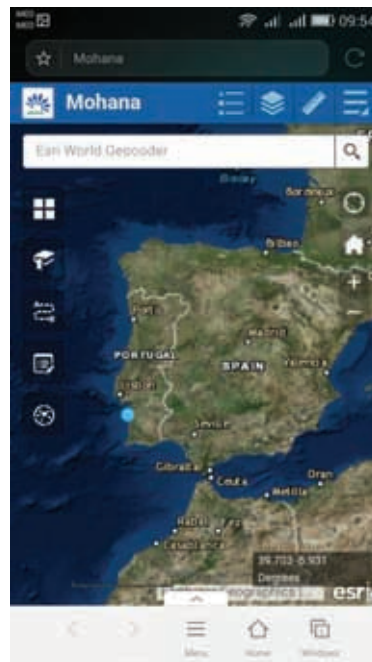


Figure 5 – Mohana Web Mapping Application

The “collectPhoto” buttons enables the ability for the user to capture a photo in the form (Mohana GeoForm) (Figure 6).

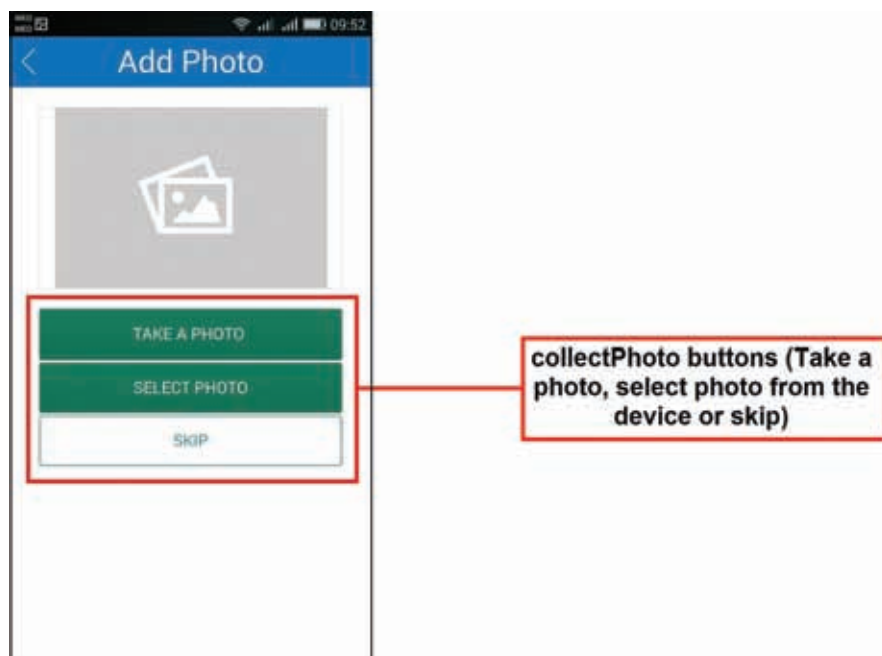


Figure 6 – Add Photo tool

The geographic position (longitude (X) and latitude (Y)) is incorporated into the app through the “add location” button. It shows the device’s GPS location on a map in the user interface which was linked to the Hosted Feature service (Mohana GeoForm). At the end of the screen, you will see the “Next: Add Details” button which connects to report properties included in the Mohana GeoForm (Figure 7).



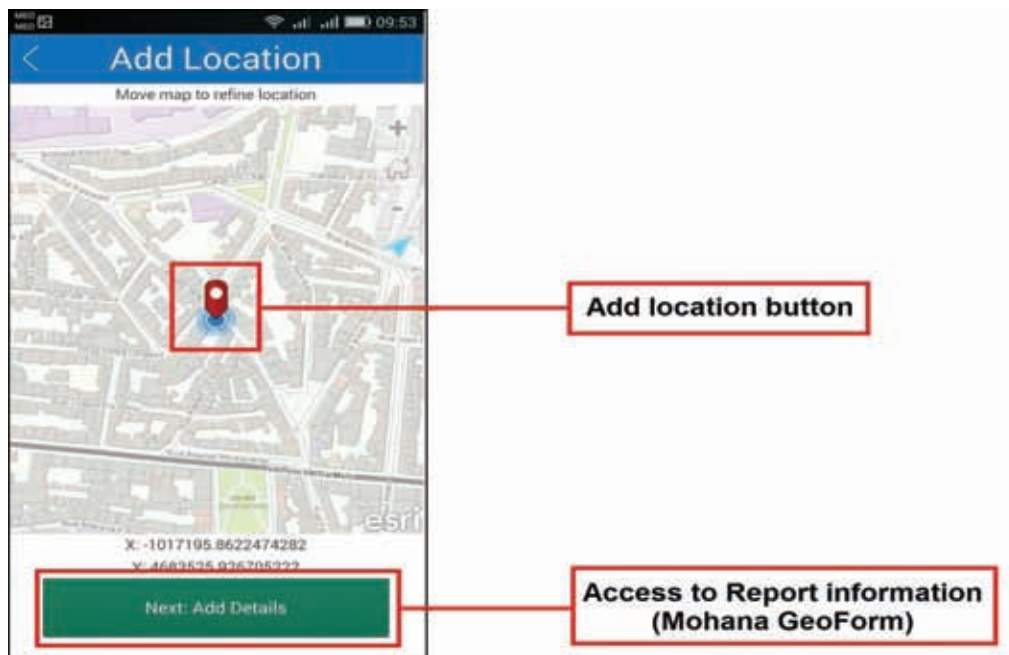


Figure 7 – Add Location tool and Report Details

### 3.2.1.2. Mohana GeoForm

All field observations will be submitted to the Mohana GeoForm (online hosted layer) (Figure 8), defined according with the INSPIRE Data Specification on Habitats, Biotopes and Species Distribution (available at the INSPIRE website [European Commission, 2016b], see the Technical Guidelines Annex II & III):

- D2.8.III. 18 INSPIRE Data Specification on Habitats and Biotopes – Technical Guidelines;
- D2.8.III.19 INSPIRE Data Specification on Species Distribution – Technical Guidelines.

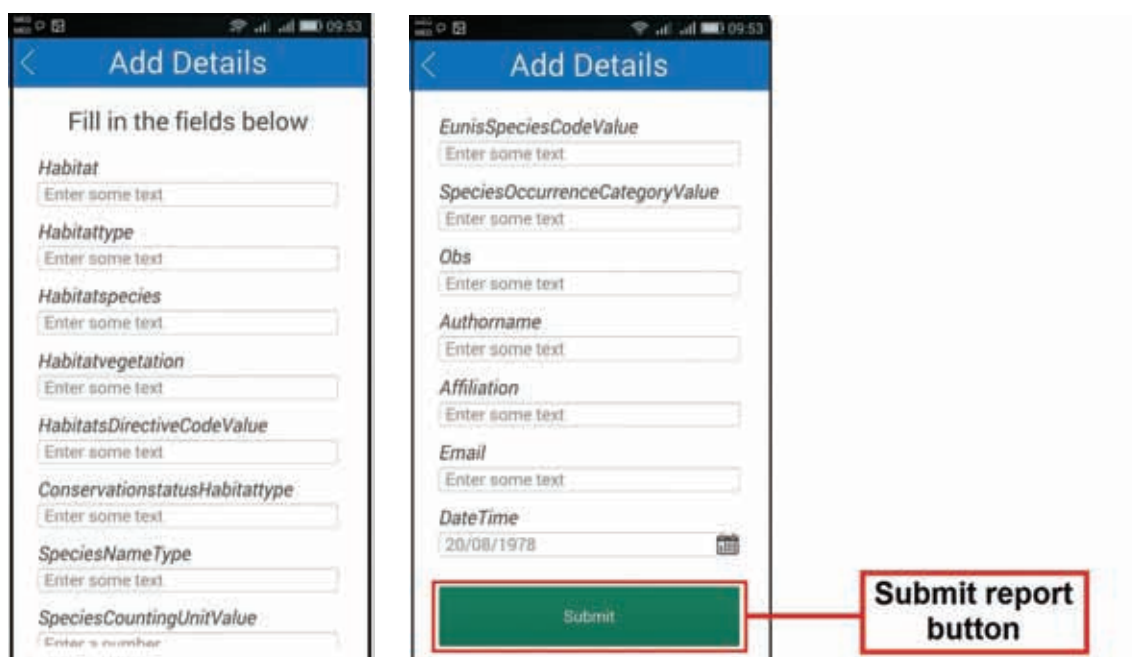


Figure 8 – Mohana GeoForm fields



While filling out the form above you may consider the Habitats and Species information's provided by the European Nature Information System (EUNIS) (EEA, 2016).

The report is sent and the recipient receives a system message (Figure 9).

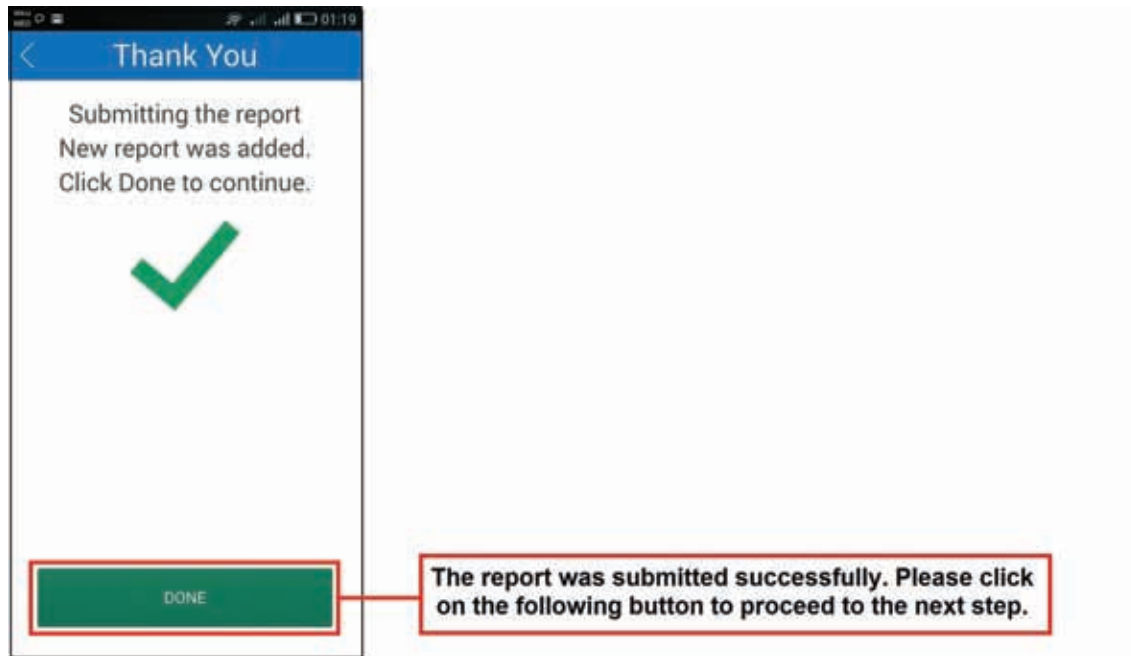


Figure 9 – Mohana Report's message

It should also be mentioned that the Mohana GeoForm features, included in this online hosted layer, collected through the Mohana native app, is automatically updated and synchronized with the Web Mapping Application.

### 3.3. Web Mapping Application

The “Mohana” Web Mapping Application contains basemaps, webmap with a set of data layers consisting of point, line, area features, many of which include interactive pop-up windows with information about the data and WMS compliant to the specification of the OGC and ISO/TC211. This web app solution, which includes the Mohana GeoForm observations, offers several functionalities, such as analysis, editing, identify and routing tools.

For instance, to use the “Routing” and “Analysis” functions, an ArcGIS Public Account of the ArcGIS Online organization “Universidade de Lisboa” available at <http://ulisboa.maps.arcgis.com/home/> has been created.

The access credentials referred to in the previous point are:

Username: mohanamygeoss

Password: mohana2016

The Web Mapping Application (Figure 10) can be accessed by pressing the Web app URL (See Figure 4, page 6). The web app can be accessed in web browsers (Google Chrome is recommended) of mobile equipment (Android smartphones and tablets), desktop computer and Laptop.

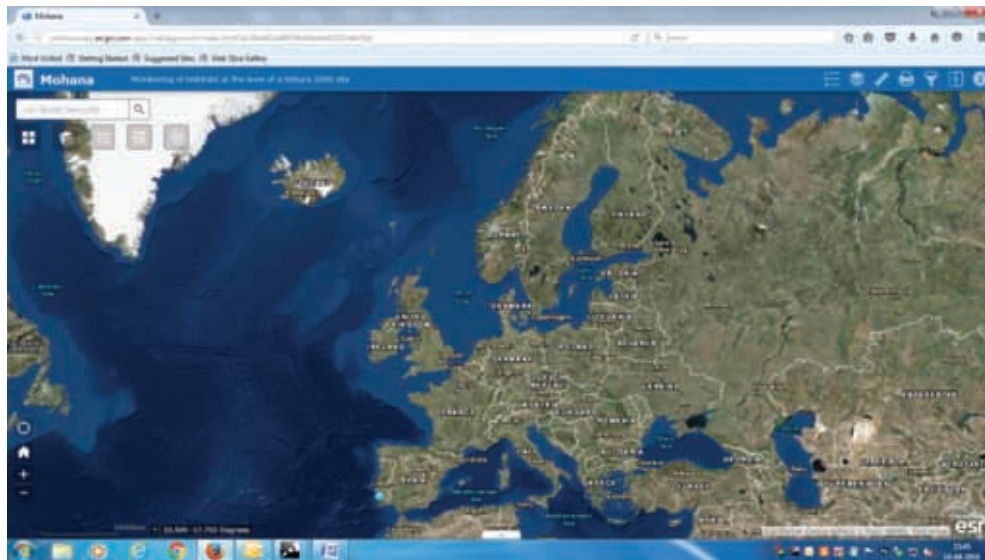


Figure 10 – Web Mapping Application 'Mohana'

#### 4. CONCLUSIONS

The project Mohana aims at establishing a European network to improve the access to Natura 2000 habitats data for public sector bodies, private companies and citizens. It considers aspects of data organization, harmonization, sharing as well as semantic and technical interoperability to produce seamless geospatial information and improve the data access for a wide community of different user groups.

Therefore, the project will generate significant progresses in using modern web-based technology to improve the availability of habitat and species data in Europe. The technical working groups of the Natura 2000 Network Thematic Strategy have concluded that a tremendous need for harmonized detailed habitat information in various environmental policy frameworks in Europe exists.

Furthermore, the “Mohana” app intends to contribute to the EU biodiversity strategy to 2020, ESS Eurostat and JRC strategies providing a tool that can be used and replicated by all Member States since it is based on European wide data under a free and open data policy.



#### ACKNOWLEDGEMENT

This application has been developed within the MyGEOSS project, which has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme.

#### REFERENCES

EEA (2016). EUNIS, the European Nature Information System, at URL: <http://eunis.eea.europa.eu/> (consulted on 2016.04.29).

European Commission (2016a). Natura 2000, at URL: [http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm) (consulted on 2016.04.29).

European Commission (2016b). INSPIRE. Data Specifications, at URL: <http://inspire.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2> (consulted on 2016.04.29).

Gutierrez F (2014) Structure and dynamics of habitats and landscape of Sado Estuary and Comporta/Galé Natura 2000 Sites – A contribution to sustainable land management and ecological restoration. Ph.D. dissertation, Institute of Geography and Territorial Planning, University of Lisbon.

Mainwaring, A., Culler, D., Polastre, J. Szewczyk, R. and Anderson, J. (2002). Wireless sensor networks for habitat monitoring. In Proceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications (WSNA '02). ACM, New York, NY, USA, 88-97. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/570738.570751>

Pesaresi, S. and Biondi, E. (2010). A web application to represent spatial distribution of habitats (Annex 1, Directive 92/43/EEC). *Fitosociologia*, vol. 47 (1): 61-63

Romagnoli S., Salerno P. and Guidi A. (2007). *Ajax per applicazioni web*. Ed. Apogeo, Trento.

#### CONTACTS

Francisco GUTIERRES: [franciscogutierrez@campus.ul.pt](mailto:franciscogutierrez@campus.ul.pt)

Institute of Geography and Spatial Planning of the University of Lisbon web site: <http://www.igot.ulisboa.pt/>

Mohana web site: <https://dl.dropboxusercontent.com/u/28033913/MohanaMYGEOSS/index.html>



## CARTOGRAFIA TEMÁTICA PARA APOIO AO TURISMO ASSOCIADO AO PEDESTRIANISMO – ESTUDO DE CASO DE S. VICENTE

Ricardo GOMES<sup>1,2</sup>, Luísa M.S.GONÇALVES<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup> NOVA IMS – NOVA Information Management School, Universidade Nova de Lisboa (Portugal)

<sup>2</sup> Serviço Regional de Proteção Civil, IP-RAM

<sup>3</sup> Instituto Politécnico de Leiria, Escola Superior de Tecnologia e Gestão (Portugal)

<sup>4</sup> Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra – INESC Coimbra (Portugal)

**RESUMO:** Na ilha da Madeira tem-se verificado nos últimos anos um crescimento significativo do turismo de natureza e das atividades relacionadas com pedestrianismo, com a conseqüente necessidade, manifestada pelos turistas, da melhoria da informação disponibilizada sobre circuitos para caminhadas.

Neste artigo é apresentado um trabalho exploratório sobre disponibilização de informação geoespacial 2D e 3D sob a forma de mapa para apoio à atividade turística associada à exploração do espaço natural e seus percursos pedestres com diferentes graus de dificuldade, no concelho de S. Vicente. O processo de desenvolvimento iniciou-se com a recolha da informação in loco, elaboração da base de dados geoespaciais, construção do Modelo Digital de Terreno, complementado com a utilização de imagens para aproximar o ambiente virtual da realidade existente. Criaram-se diferentes tipos de mapas turísticos, com recurso a ferramentas de sistemas de informação geográfica e WebSIG, em que foram testados diferentes tipos de informação geográfica e diferentes abordagens ao nível do design. Adicionalmente, reflete-se sobre as características da cartografia temática como apoio ao turismo e sobre a aplicação dos processos de generalização de forma a conciliar o objetivo do mapa, escala e os parâmetros de qualidade da informação geográfica. Por fim, propõe-se uma metodologia de Sistema de Informação Geográfica Participativo a implementar no ciclo de produção cartográfica, no sentido de adequar a cartografia às necessidades dos turistas.

Este trabalho pretende contribuir para o desenvolvimento duma estratégia turística que se pretende partilhada pela Comissão Municipal de Turismo de S. Vicente.

**Palavras-chave:** Turismo de Natureza; Percorso Pedestre; Mapa Turístico; SIG, Cartografia; SIG participativo.

**ABSTRACT:** Madeira Island has seen a significant growth of nature tourism and activities related to walking in recent years, with the consequent need, expressed by tourists, of improving the information provided on trails. This paper presents an exploratory work on providing 2D and 3D geospatial information in the form of maps to support tourism in the countryside and walking trails of varying degrees of difficulty in the county of St. Vincent.

The development process began with the collection of information in situ, development of a geospatial database, construction of the Digital Terrain Model and collection of images to bring the virtual environment closer to the existing reality. Different types of tourist maps were created, using tools of geographic information systems and WebGIS. Different types of geographical information and approaches to the design were also tested. In addition, we reflected on tourism thematic mapping features and on the application of generalization processes in order to reconcile the purpose of the map, scale and quality parameters of spatial information. Finally, we propose a methodology of Participatory Geographic Information System (PGIS) to implement during the cartographic production cycle, in order to adapt the maps to tourist needs. This work aims to contribute to the development of a tourism strategy that is to be shared with the Municipal Commission of Tourism of St. Vincent.

**Keywords:** Nature Tourism; Pedestrian trails; Tourist Map; GIS, Cartography; Participatory GIS.



## 1. INTRODUÇÃO

O Turismo é um fenómeno eminentemente geográfico que se manifesta sempre no espaço, pela deslocação de um território para outro que não o seu habitat habitual. Se a Cartografia em geral surge da necessidade de conhecer e representar o território, o Turismo, cuja própria definição remete para o território, é um tema com particular interesse para estudo das técnicas cartográficas [Grant & Keller, 1999]. No entanto, a cartografia para o turismo não era até há poucos anos uma área particularmente desenvolvida na literatura, além de existir frequentemente um défice qualitativo em muitas das representações cartográficas disponibilizadas ao turista – seja ao nível da qualidade da informação geográfica, seja ao nível da eficácia comunicativa do mapa [Grant & Keller, 1999; Yan & Lee, 2015]. Esta é uma área exigente da cartografia temática em termos de uniformização de procedimentos, dada a multiplicidade de utilizadores e de objetivos [Andrade & Sluter, 2012] não existindo standards claramente definidos. Seja na perspetiva da gestão do turismo, seja na ótica da utilização de mapas pelo turista, este é um domínio de particular interesse, ainda mais tendo em conta que o turismo é a atividade económica que mais cresce a nível mundial e na Região Autónoma da Madeira (RAM) [OMT, 2013; IDR, 2013].

Neste trabalho explora-se a criação de mapas para uso pelos turistas, analisam-se diferentes soluções de design cartográfico e o contributo da incorporação de metodologias de participação voluntária Sistema de Informação Geográfica Participativo (SIG participativo) para a sua valorização, colhendo contributos sobre os elementos a representar e o design do mapa. Assim, face à importância da cartografia para turismo e pedestrianismo em espaços naturais e rurais, é apresentado um estudo de caso, no concelho de S. Vicente, em que é apresentado o processo de seleção e implementação do percurso segundo metodologia da Federação Portuguesa de Campismo e Montanha (FCMP) e exploradas diferentes opções cartográficas, com diferentes ferramentas, informação geográfica e características, refletindo-se sobre um conjunto de princípios e critérios a considerar na elaboração de mapas.

## 2. CARTOGRAFIA TEMÁTICA PARA O TURISMO

Quando se viaja para um local desconhecido os mapas assumem particular importância [Yan & Lee, 2015]. Já no antigo Império Romano se desenhavam mapas para os viajantes e peregrinos, e desde século XVIII que se fazem guias e mapas para turistas que visam não só informar, como cativar. Borden et al. [2009] enuncia um conjunto de fases do design de um mapa, nomeadamente a identificação do problema a que se pretende dar resposta; um esboço preliminar seguido de um processo de refinamento e aprimoramento do mapa; análise dos resultados e escolha das metodologias a implementar, seguindo-se a construção do mapa propriamente dito. Este fica depois sujeito à avaliação do produto final, que pode determinar o reinício do processo.

O mapa turístico orienta o turista e contribui para a sua segurança mas também afeta a escolha do itinerário e atrações a visitar. A qualidade e design do mapa podem mesmo condicionar o interesse e a decisão do turista de visitar determinado local, constituindo, por isso, um instrumento de marketing [Grant & Keller, 1999; Pritchard, 2008; Yan & Lee, 2015]. O mapa deve atender às necessidades do turista, mas como estas dependem do tipo de destino e atividades que vai praticar, criam-se desafios à uniformização da abordagem cartográfica [McCleary, 2009]. Segundo Borden et al. [2009] um mapa para suprir as necessidades do turista, deve ser simultaneamente preciso, de uso e interpretação fácil, legível e esteticamente apelativo. A capacidade de leitura ou interpretação de mapas depende de um conjunto de fatores como a habilidade para ler informação geográfica, a perceção espacial e a experiência no manuseamento de mapas [Gerber et al., 1990]. O turista poderá não ter particular capacidade de leitura de mapas pelo que é importante que estes sejam de leitura intuitiva, o que obriga a utilizar processos de generalização cartográfica que podem ‘sacrificar’ algum rigor perante o objetivo de informar de forma eficaz e apelativa. Procedem-se, por exemplo, a simplificação – através de eliminação de elementos não relevantes; classificação – de elementos em categorias (i.e. hotelaria e restauração); realce ou exagero de certos elementos considerados mais relevantes. Naturalmente, o abuso de simplificações ou distorções espaciais, de escala ou simbolização são contraproducentes, dificultando a leitura do mapa, induzindo em erro e criando desconfiança em relação ao mapa [Menezes & Fernandes, 2003].

Inúmeros estudos sobre a eficácia comunicativa dos mapas remetem para questões como a escala, tamanho/formato físico do mapa, legendas, cores, simbologia, layout, o contexto e o código da mensagem, contraste do fundo, fotografias, conteúdo e elementos a incluir e processos de generalização [Gombrich, 1991; Grant et al., 1999]. Ainda relativamente à clareza gráfica do mapa, Robinson et al. [1995] refere a importância da legibili-



dade dos elementos do mapa; contraste visual (i.e. formas e cores); adequação do mapa de base que facilite a leitura dos elementos temáticos; seleção adequada da dimensão e dos pontos de corte para que determinadas áreas não fiquem truncadas e se tornem difíceis de intuir; cuidado com a qualidade estética; e nível de detalhe que dê toda a informação necessária, mas apenas a informação necessária.

As fotografias do destino turístico, como as habitualmente utilizadas nas brochuras turísticas, são também um importante canal de comunicação que pode transmitir beleza, segurança, limpeza, exotismo, ruralidade, status, etc. criando no turista uma conceção prévia do local e influenciando as suas escolhas e atitudes, pelo que estas podem ser integradas nos mapas [Kim & Stepchenkova, 2015].

### 3. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARTICIPATIVO

Na década de 1990 surgiram propostas para que a Informação Geográfica e as ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica deixassem de ser exclusivo dos técnicos especialistas destas temáticas, apostando-se na integração da participação pública. Evoluiu-se nas décadas seguintes para um conceito de SIG participativo, em que se advoga partilha de informação com o público e stakeholders (decisores públicos), utilizando ferramentas simples e intuitivas que facilitem a participação nos processos de discussão, negociação e decisão [Taranto, 2007]. Aliás, desde a década de 1970 que a Organização das Nações Unidas defende a importância da participação das comunidades nos processos decisórios que as afetam, nomeadamente no fenómeno turístico [Brown & Weber, 2013].

Para alcançar o máximo potencial em processos de análise e decisão espacial, os SIG participativos devem aproximar os interesses, conhecimentos e contributos de técnicos, leigos, decisores e agentes independentes, assumindo-se que a população local conhece empiricamente as dinâmicas ambientais e socioeconómicas, a história e realidade local e que, além do mais, devem ser atores dos processos de decisão que afetam as suas vidas e comunidades [Voss et al. 2004; McCall et al., 2015]. A participação do público levanta por vezes algumas reservas à credibilidade, uma vez que o interveniente pode não ter formação adequada ou pode querer condicionar a informação aos seus interesses e motivações [Flanagin & Metzger, 2008].

Se a conceção de mapas turísticos deve responder às necessidades dos turistas, poderá ser útil o seu envolvimento [Yan & Lee, 2015; Pritchard, 2008]. Por exemplo, na criação de mapas turísticos a participação pública pode ajudar na recolha e seleção de elementos a incluir e a destacar, na correção e atualização de informação e no processo de decisão de aspetos relacionados com o design do mapa.

### 4. ÁREA DE ESTUDO

O concelho de São Vicente, composto por 3 freguesias, possui uma população inferior a 6 mil habitantes [INE, 2012], e localiza-se no Norte da ilha da Madeira (ver Figura 1). A população ativa de S. Vicente e da Madeira dedica-se sobretudo ao setor terciário, particularmente o comércio, serviços e atividades ligadas ao turismo. O turismo é o pilar fundamental da economia local e regional, assumindo-se como motor de criação de valor e de emprego, representando cerca de 30% do PIB regional, impulsionando e articulando-se com um conjunto amplo de atividades e setores económicos [IDR,2013].



Figura 1 – Localização de Concelho de S. Vicente, na Ilha da Madeira



A maioria dos turistas que visitam a Madeira indica a fruição da paisagem como principal motivação turística e 41% realiza passeios a pé e 46% de carro [ECAM, 2010]. No crescente segmento de turismo natural e rural, os passeios a pé são uma atividade chave e que em Portugal tem ganho relevo desde a década de 1980 [Tovar & Carvalho, 2011]. A promoção deste segmento de turismo é uma aposta do Governo Regional da RAM por combinar a preservação dos recursos naturais e promoção de património cultural, com a promoção do emprego e do desenvolvimento local [Decreto Legislativo Regional n.º 7-B/2000/M; SRA, 2008]. Os turistas que visitam a RAM mostram satisfação com as possibilidades ao nível de passeios a pé, mas gostariam de ver melhorados aspetos como a atualização e a qualidade da informação e mapas disponibilizados aos turistas [ECAM, 2010].

O pedestrianismo é uma atividade que não exige treino ou equipamento específico (na maioria dos percursos) e pode ser realizada ao longo de todo o ano. O público-alvo é amplo, sobretudo de classe média ou alta, frequentemente com mais de 40 anos, viajando em família e que caminham maioritariamente (90% a 95%) de forma autónoma [LEADER, 2001], recorrendo nestes casos a algum tipo de brochura ou mapa.

Apesar de virem a ganhar destaque, sobretudo junto dos mais jovens, ofertas com recurso a apps móveis, a maioria dos turistas na região socorre-se ainda de suportes tradicionais como brochuras, guias e mapas em papel, até porque existem muitas áreas sem cobertura de rede ou GPS (Global Positioning System). Existe, portanto, ainda um lugar de destaque reservado ao mapa de apoio ao turista.

A implementação de percursos pedestres deve, segundo a FCMP [2001], seguir uma metodologia com 3 etapas que se inicia no anteprojecto – explicitação das razões de escolha do traçado, dos objetivos a atingir, descrição resumida do percurso e representação cartográfica do mesmo; reconhecimento do percurso e recolha dos pontos de interesse e agentes económicos na área envolvente, cartografando-se o percurso e todos os pontos de interesse, alojamento e restauração bem como o projeto de sinalização; e, finalmente, a implementação física do projeto que pressupõe intervenções de recuperação, valorização e sinalização. Segundo o enunciado no Anexo II do Decreto Legislativo Regional 7B/2000/M, de 20 de março, define-se para cada percurso o grau de dificuldade, grau de perigosidade, obstáculos e avaliação global. Estes documentos referem explicitamente a simbologia a utilizar na marcação dos percursos, mas não a simbologia na cartografia.

São Vicente possui numerosos percursos pedestres com elevado potencial turístico, em particular os antigos Caminhos Reais que durante séculos foram a principal via de comunicação entre as diferentes povoações da ilha, compostos por percursos sinuosos, contorcendo-se por entre arribas e precipícios, e funcionando como uma alternativa às ligações marítimas. Apesar do seu valor histórico e cultural muitos caminhos desapareceram, conquistados pela vegetação, pela erosão das arribas ou estradas modernas. Outros persistem em diferentes estados de abandono e esquecimento e que se pretendem recuperar e valorizar com este projeto.

## 5. METODOLOGIA E DADOS UTILIZADOS

O desenvolvimento deste projeto é composto por três fases. A primeira fase consistiu na definição do projeto de percurso pedestre de Pequena Rota no concelho de S. Vicente, tendo-se adotado a metodologia definida pela FCMP [2001] nomeadamente no que concerne à recolha de informação geográfica. A segunda fase consistiu na experimentação de diferentes abordagens cartográficas para a realização dos mapas para turistas e reflexão sobre alguns critérios a considerar na escolha de melhores opções. Por fim, propôs-se uma metodologia de SIG participativo que se acredita poder enriquecer o produto final.

Selecionou-se como percurso um troço do antigo Caminho Real 23 (4,8km) que atravessa área de grande beleza com apelativos elementos naturais, culturais e construtivos, e que está afastado das rotas habitualmente utilizadas pelos guias turísticos. Durante o reconhecimento do percurso identificaram-se pontos de interesse natural, cultural e atividades económicas, nomeadamente restauração e hotelaria. Identificaram-se obstáculos e avaliou-se o grau de perigo, informação relevante no âmbito das intervenções físicas de recuperação do percurso, bem como um dos elementos a contemplar na informação do próprio mapa. Independentemente de no mapa constar texto com caracterização do percurso (extensão, duração média, grau de dificuldade, grau de perigosidade e obstáculos) considerou-se relevante que determinados pontos de perigo ou obstáculos estejam representados no mapa. Fez-se também a avaliação do grau de dificuldade que é um elemento determinante





para o turista de pedestrianismo – alguns preferem percursos fáceis, outros procuram trilhos de elevada dificuldade. Relativamente a este aspeto, bem como no que se refere a perigos e obstáculos, considerou-se ser um ponto a incluir no processo de participação pública, com turistas a identificar locais de perigo e obstáculos ou avaliar o grau de dificuldade. Assim, esta avaliação, subjetiva mesmo que feita por um técnico, seria enriquecida pelo contributo dos próprios turistas.

A rede viária e os percursos pedestres foram elaborados com base em vetorização manual sobre ortofotomapa e trabalho de campo utilizando GPS, quer para complementar quer para validar/corrigir os elementos vetorizados. A identificação de pontos de interesse histórico-cultural, natural e económico (hotelaria e restauração) partiu de análise de bibliografia referente ao concelho, seguida de trabalho de campo utilizando GPS e vetorização sobre ortofotomapa. Os dados referentes à rede hidrográfica, edificado, relevo e ortofotomapas foram disponibilizadas pela Direção Regional de Ambiente e Ordenamento do Território (DROTA). Foram ainda recolhidas algumas fotografias ilustrativas de pontos de interesse.

No que se refere à produção cartográfica, tendo em conta o carácter exploratório deste trabalho, optou-se por experimentar diferentes abordagens e a utilização de várias ferramentas, como ArcMap, ArcScene, QuantumGis, Google Earth e serviços online de mapas, com objetivo de avaliar suas capacidades para execução deste tipo de mapa; diferentes fontes cartográficas (informação vetorial, ortofotomapas, Open Street Maps); bem como diferentes tipos de simbologia. Utilizou-se o ArcMap 10.3, ArcScene 10.3, QuantumGis 2.12, Google Earth (<https://www.google.com/earth/>) e MangoMap (<https://mangomap.com/>) para preparar todos os layers a utilizar e para produzir os mapas a exportar. A produção final dos mapas fez-se com utilização do Corel Draw 7.

Relativamente à abordagem de SIG participativo refletiu-se sobre uma proposta metodológica que permitisse enriquecer a qualidade, interesse, eficácia comunicativa e apelativa dos mapas a produzir. Como atrás referido, atender às necessidades dos turistas em termos de informação a disponibilizar aumenta a satisfação com o mapa e este pode ser um importante elemento de marketing. Assim, defende-se que desde a seleção dos percursos, elementos a incluir nos mapas e ao design, deve-se proceder a um processo de consulta e colaboração pública. A primeira recolha dos elementos de interesse a incluir no mapa (atrações, serviços, restauração, etc.) deverá ser feita pelo técnico responsável pela implementação do percurso. Sugere-se uma fase posterior de participação e colaboração pública em que os turistas e stakeholders locais teriam oportunidade de através de uma aplicação online propor novos elementos e/ou escolher os mais relevantes para o mapa. Periodicamente este procedimento poderia ser utilizado também para atualizar os mapas antes de os reeditar. Para testar a metodologia utilizou-se uma simples aplicação colaborativa 'MyMaps' da Google, que permite aos elementos da Comissão Municipal de Turismo editar e identificar os elementos mais pertinentes.

A fase seguinte é alargar o SIG participativo ao design do mapa o que se faria disponibilizando várias propostas de mapas com variações ao nível da escala, tamanho/formato físico do mapa, legendas, cores, simbologia, layout, contraste do fundo, texto e fotografias, conteúdo e elementos a incluir e processos de generalização para que uma amostra de turistas os visualizasse e avaliasse num pequeno questionário, preferencialmente online, e em que indicariam também motivações da visita e atividades praticadas. Assim, seria analisado o perfil e as necessidades informativas do turista no concelho, contribuindo para avaliar as opções cartográficas mais adequadas às suas opções, capacidades e preferências de leitura do mapa. Por fim, alargar-se-ia o processo de SIG participativo às questões da perigosidade e da dificuldade cuja avaliação pode beneficiar do contributo dos praticantes. A este respeito, refira-se que este processo é já adotado, por exemplo, na prática de geocaching.

Não se tendo ainda implementado esta última fase, foram ainda assim elaboradas diferentes propostas cartográficas sobre as quais se refletiu, por um lado para simular o tipo de critérios que seriam colocados à participação pública, e por outro lado porque mesmo na elaboração das propostas cartográficas deve haver um trabalho prévio de pré-seleção feito por técnicos especializados. Aliás, o princípio do SIG participativo é precisamente conciliar contributos e conhecimentos quer dos técnicos, quer do público.

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como já referido, ainda que se tenham apenas simulado alguns dos parâmetros de avaliação da adequação dos mapas turísticos, tal permitiu exercitar algumas das opções a tomar. Não existindo standards relativos a cartografia para percurso pedestres claramente definidos e aceites, realizaram-se inúmeras experiências utilizan-



do diferentes dados geográficos e diferentes ferramentas e opções de design, criando um conjunto de mapas a submeter a análise, respeitando-se os objetivos propostos e os princípios relacionados quer com a informação que se pretendia transmitir, quer com as características que se pretendiam integrar no mapa. Como já referido, a participação do público com diferentes níveis de conhecimento, diferentes prioridades e interesses, diferente conhecimento especializado, não exclui que numa primeira fase seja feita uma pré-seleção por quem tem formação específica na área.

A elaboração de cartografia e a utilização de informação geográfica devem cumprir parâmetros de qualidade, nomeadamente, o conhecimento das fontes, a adequação de utilização de cada tipo de informação geográfica, o registo do processamento e transformações aplicados aos dados de base e assegurar um nível homogéneo de qualidade dos dados geográficos. Neste trabalho, de forma a assegurar a qualidade da informação estruturante, a cartografia de base foi recolhida essencialmente junto dos serviços de Geografia e Cadastro da Direção Regional de Ambiente e Ordenamento do Território e os elementos vetorizados (i.e. percurso, pontos de interesse, restauração, etc.) foram validados com trabalho de campo e utilização de GPS.

Os dados possuem adequada exatidão posicional sendo importante ter em conta que em mapas turísticos importa não apenas a localização, mas também a posição relativa e as questões de grafismo. A exatidão temática foi devidamente validada, tendo-se assegurado que os dados utilizados estão atualizados, organizados e apresentados tendo em vista o que se pretendia em termos de mensagem cartográfica a transmitir.

Quanto ao design (carto)gráfico, consideraram-se parâmetros como a seleção da informação (estritamente) necessária, cor e contraste entre layers, labels, simplicidade de leitura, integração de texto, valor estético, orientação, etc.. Apresentamos aqui alguns exemplos comparativos que ilustram a reflexão conduzida no processo de seleção inicial e que, no fundo, ajudam a definir o guião de critérios a usar na fase do SIG participativo.

No que se refere à orientação, é frequente os mapas serem orientados para norte. No entanto, atendendo à posição do mar, considerando a direção em que se deve fazer o percurso, a orientação do mapa para sul, após várias experiências realizadas, foi considerada a que permite uma leitura mais fácil (ver Figura 2).



Figura 2 – Na esquerda mapa orientado a sul, à direita mapa orientado a norte

Relativamente à quantidade de informação a incluir no mapa, ainda que maior quantidade de layers permita mais informação, pode criar mais ruído dificultando a sua leitura pelo que, no caso dos mapas com fundo de ortofotomapa, a representação da rede viária considerou-se dispensável. De salientar que um mapa destinado a apoiar um percurso pedestre tem um início e fim predefinido e os restantes elementos servem de contextualização. No caso dos mapas com fundos Hillshade ou layer Landscape de Open Street Map (OSM) considerou-se ser indicado introduzir a rede viária principal (Estrada Regional) por auxiliar a localização e contextualização do percurso. Relativamente ao edificado, este não parece ser, à exceção do já existente no OSM, um elemento que facilite a leitura deste tipo de mapa, ainda que forneça pontos de orientação. As ribeiras oferecem pontos de referência mas, ainda que o percurso atravessasse 4 linhas de água, fá-lo através de pontes amplas sem qualquer dificuldade acrescida. No caso do mapa de fundo ser o layer Landscape de OSM a rede viária, algum edificado e linhas de água aparecem já por predefinição com composição equilibrada e de fácil leitura, reiterando-se que percurso tem início-fim predefinido e está sinalizado (ver Figura 4). A introdução de fotografias que ilustrem alguns dos pontos de interesse revelou ser uma boa opção para destacar determinadas atrações a visitar (ver Figura 4).



A utilização de labels para descrever os diferentes elementos (restaurantes, locais a visitar, etc.) permite identificar claramente o elemento representado. Essa informação poderia ser fornecida na legenda, com diferentes símbolos, mas num mapa com vários elementos a leitura seria prejudicada (ver Figura 4). Quanto ao tipo de fundo, foram experimentadas diferentes opções, várias delas eficazes. Os fundos criados com ortofotomapa ou Landscape de OSM oferecem vários pontos de referência que facilitam a leitura e interpretação. O Hillshade pode ser eficaz, acautelando-se a adição de outros elementos orientadores e um bom contraste de cor. Fundos com base em modelos TIN (Triangulated Irregular Network) produzem pior resultado. Fizeram-se também algumas experiências utilizando o ArcScene criando versões 3D dos mapas. Considerou-se uma opção interessante usar este tipo de técnica uma vez que na prática de pedestrianismo a informação do relevo e declive é muito importante. Estas representações 3D podem também combinar-se com um dos mapas 2D atrás referidos. Testou-se ainda a modelação 3D dos edifícios sobreposta à modelação 3D do terreno, no entanto, atendendo à escala do mapa e extensão do percurso, constatou-se que não traria valor acrescido. Pelo contrário, num mapa de maior escala, por exemplo do centro da vila, poderia ter interesse utilizar este tipo de técnica.

Considerando a extensão deste percurso em particular (4850 metros), produziu-se um mapa num formato A3 horizontal à escala 1:10000 (ver Figura 3) que permitiria leitura razoável. Uma escala na ordem de 1:5000 além de melhorar visualização, facilitaria a localização exata dos diversos elementos e pontos de orientação mas resulta num mapa de maior formato, menos prático de manusear. Um pequeno desdobrável A4 à escala 1:15000 tem uma visibilidade ainda aceitável, mas menor rigor na localização dos elementos e maior ruído de símbolos e labels, que podem tornar o mapa insatisfatório para alguns turistas. Nesta questão da escala, dada a diversidade de opções, seria também importante conhecer as preferências do turista, aplicando-se SIG participativo.



Figura 3 – Detalhe de mapa à escala 1:10000

Quanto às ferramentas testadas, o ArcMap é aquela que parece ter maior flexibilidade e capacidade de personalização do mapa. A principal desvantagem deste software é o custo. O QuantumGis é uma ferramenta que cada vez mais, para cartografia simples, se aproxima das capacidades do ArcMap, com a vantagem de ser gratuito. As ferramentas de mapas Google Earth e serviço online MangoMap permitem construir mapas simples mas estas aplicações, apesar de intuitivas e de utilização simples, não se afigurem como as indicadas para produção sistemática de mapas por terem poucas opções de edição e configuração.

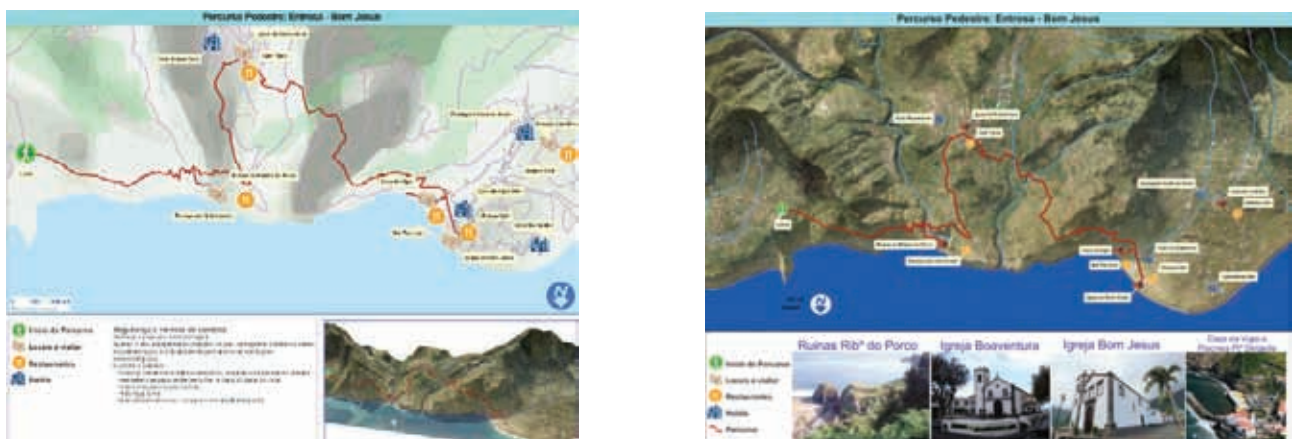


Figura 4 – Exemplos de mapas integrando diferentes fundos, informação 3D, texto de fotografias



## 7. CONCLUSÕES

Este trabalho teve um carácter eminentemente exploratório no âmbito da elaboração de mapas de apoio ao pedestrianismo. Testou-se a utilização, transformação e integração de diferentes tipos de dados geográficos, a utilização de diferentes ferramentas informáticas de produção cartográfica e refletiu-se sobre a utilização de abordagens de SIG participativo. As ferramentas SIG utilizadas mostraram ter diferenças significativas, quer na complexidade de utilização e variedade de ferramentas disponibilizadas, quer nas características dos mapas produzidos. As aplicações de mapas online testadas são interessantes mas não disponibilizam a amplitude de ferramentas necessárias. O ArcMap é uma ferramenta completa no que se refere à utilização e transformação de dados e permite grande personalização dos mapas. O ArcScene permite integrar informação com carácter 3D que facilita a apreensão do relevo e declives que é importante no turismo de percursos pedestres.

A recolha, utilização e transformação dos dados geográficos, assegurando quer os parâmetros de qualidade da informação geográfica, quer os desafios impostos pela necessidade de garantir uma leitura fácil e intuitiva do mapa, associados a uma estética agradável é um desafio exigente. As opções ao nível da seleção de elementos a incluir no mapa, avaliação da dificuldade e perigosidade do percurso, do design, escala e formato do próprio mapa, são tão vastas que se devem considerar formas de estas irem ao encontro das necessidades de quem vai usar os mapas – os turistas, defendendo-se por isso a realização de processos de participação pública complementados por trabalho feito por técnicos qualificados, com a metodologia sucintamente atrás referida.



## REFERÊNCIAS

- Andrade, A. & Sluter, C. (2012). Avaliação de símbolos pictóricos em mapas turísticos. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 18(2), 242-261.
- Borden, D., Jeffrey, T. & Thomas, H. (2009). *Cartography: thematic map design*. EUA: McGraw-Hill.
- Brown, G. & Weber, D. (2013). Using public participation GIS (PPGIS) on the Geoweb to monitor tourism development preferences. *Journal of Sustainable Tourism*, 21(2), 192-211.
- ECAM. (2010). *Estudo do gasto turístico*. Funchal: ECAM.
- FCMP. (2001). *Percursos Pedestres - Normas Para Implantação e Marcação*. Federação de Campismo e Montanha de Portugal.
- Flanagin, A. & Metzger, J. (2008). The credibility of volunteered geographic information. *GeoJournal*, 72, 137-148.
- Gerber, R., Burden, P. & Stanton, G. (1990). Development of public information Symbols for tourism and recreational mapping. *The cartographic Journal*, 27, 92-103.
- Gombrich, E. (1991). *La imagen y el ojo: nuevos estudios sobre la psicología de la representación pictórica*. Espanha: Alianza Editorial.
- Grant, L. & Keller, P. (1999). Content and Design of Canadian Provincial Travel Maps, *Cartographica*, 36(1), 51-62.
- IDR. (2013). *Diagnóstico Prospetivo Regional*. Funchal: Instituto de Desenvolvimento Regional.
- INE. (2012). *Censos 2011*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- Kim, H. & Stepchenkova, S. (2015). Effect of tourist photographs on attitudes towards destination: Manifest and latent content. *Tourism Management*, 49, 29- 41.
- LEADER. (2001). *A valorização do turismo de passeio pedestre nos territórios rurais*. Bruxelas: Observatório Europeu LEADER.
- McCall, K., Martinez, J. & Verplanke, J. (2015). Shifting Boundaries of Volunteered Geographic Information Systems and Modalities. *An International E-Journal for Critical Geographies*, 14(3), 791-826.
- McCleary, G. (2009). Confronting the tourist map: Divergent purposes and disparate users. In *Anais da International Cartographic Conference*. Santiago: Chile.
- Menezes, P. & Fernandes, M. (2003). Cartografia turística: novos conceitos e antigas concepções ou antigos conceitos e novas concepções. In *XXI Congresso Brasileiro de Cartografia*. Belo Horizonte: Brasil.
- OMT. (2013). *Tourism Highlights*. Madrid: Organização Mundial do Turismo.
- Pritchard, K. (2008). Incorporating user opinion into a new wine tourism map for Southwest Virginia. *Dissertação de Mestrado*, Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, EUA.
- Robinson, A., Morrison, J., Muehrcke, P., Kimerling A., Guptill, S. (1995). *Elements of Cartography*. New York: John Wiley & Sons
- Secretaria Regional do Ambiente. (2008). *Declaração da Madeira*. Obtido em 1/4/2013, [www.sra.pt](http://www.sra.pt)
- Taranto, T. (2007). Using Spatial Information to aid Decision-Making: Case Study of Developing a Participatory Geographic Information System for Regional Tourism Planning. *Spatial Science*, 52 (2), 23-34.
- Tovar, Z. & Carvalho, P. (2011). Percursos pedestres e turismo de passeio pedestre em Portugal. *Turismo & Sociedade*, 305-322.
- Voss, A., Denisovich, I., Gatalisky, P., Gavouchidis, K., Klotz, A., Roeder, S., Voss, H. (2004). Evolution of a participatory GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*, 28, 635-51.
- Yan, L. & Lee, M. (2015). Are tourists satisfied with the map at hand? *Current Issues in Tourism*, 18(11), 1048-1058.

## CONTACTOS

Ricardo GOMES: [ricardoflup@gmail.com](mailto:ricardoflup@gmail.com)

Lúisa M.S.GONÇALVES: [luisa.goncalves@ipleiria.pt](mailto:luisa.goncalves@ipleiria.pt)



## **A INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO PROCESSO DE PLANEAMENTO DA REDE CICLÁVEL DO BARREIRO**

João LOPES<sup>1</sup> e Milton GOMES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Câmara Municipal do Barreiro, Portugal

O Município do Barreiro desenvolveu uma Estratégia Municipal para a Mobilidade Ciclável (EMMC), a qual integra um conjunto de propostas de ação que visam responder ao desafio fundamental de promover o recurso quotidiano ao modo ciclável, contribuindo, assim, para uma menor utilização do transporte individual e, conseqüentemente, para a redução da pressão sobre o espaço público e melhoria do ambiente urbano. Uma das ações fundamentais inerentes à EMMC esteve associada ao planeamento da Rede Ciclável do Barreiro (RCB).

O processo de planeamento da RCB exigiu uma perspetiva abrangente, integrada e dinâmica de um conjunto de variáveis inerentes ao sistema de mobilidade e transportes, ao ordenamento do território e à própria morfologia do território, tendo sido desenvolvido, de forma sistemática, um conjunto de processos analíticos com o intuito de, mediante a observação integrada dos mesmos, conduzir à tomada de decisão relativamente à proposta final da RCB.

Este artigo visa assim apresentar a metodologia utilizada no referido processo analítico, no âmbito do qual foi possível, com base em informação georreferenciada derivada de diversas fontes (informação censitária; processo de revisão do Plano Diretor Municipal do Barreiro; Plano de Mobilidade e Transportes Intermunicipal da Área de Influência da TTT – Margem Sul; Plano Municipal de Ambiente do Barreiro; dados recolhidos via GPS no desafio do European Cycling Challenge 2015), analisar, cruzar e interpretar as diversas variáveis de análise e tomar decisões que deram origem ao desenvolvimento da proposta da RCB.

**Palavras-chave:** rede ciclável, mobilidade e transportes, planeamento, sustentabilidade, informação georreferenciada, análise integrada



## **SISTEMAS MULTIAGENTES PARA A MODELAÇÃO E SIMULAÇÃO DE ALTERAÇÕES DE OCUPAÇÃO DO SOLO**

Eduardo GOMES<sup>1,2</sup>, Patrícia ABRANTES<sup>1</sup>, Arnaud BANOS<sup>2</sup>, Jorge ROCHA<sup>1</sup> e Inês FONTES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudos Geográficos (CEG), Instituto de Geografia e Ordenamento do Território (IGOT),  
Universidade de Lisboa (UL)

<sup>2</sup> Géographie-cités, UMR 8504, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

**RESUMO:** Actualmente as áreas agrícolas no contexto das regiões metropolitanas apresentam fortes pressões urbanas. O uso do solo é transformado de acordo com diferentes decisões individuais de diferentes agentes do território. Neste estudo é feita uma abordagem das intenções dos agricultores sobre a transformação do território de acordo com diferentes cenários socioeconómicos utilizando um modelo baseado em sistema multiagentes (SMA). Este modelo visa a modelação das interações entre estes actores e o território contribuindo para o apoio à decisão e propondo alternativas nas dinâmicas de ocupação do solo em contexto metropolitano (áreas urbanas e periurbanas). Esta investigação surge da relevância actual do uso do solo agrícola no contexto do ordenamento do território e das estratégias de desenvolvimento sustentável, nomeadamente da necessidade das políticas urbanas e regionais responderem eficazmente ao papel que cada vez mais as dinâmicas de ocupação do solo assumem em contexto urbano e periurbano. O modelo tem como caso de estudo o concelho de Torres Vedras com o seguinte conjunto de fases metodológicas: 1) Classificação do uso do solo em 8 classes, correspondendo ao tempo 0 do modelo (2010); 2) entrevistas realizadas a agricultores; 3) construção do modelo em multiagentes com definição dos Agentes, Território, Regras e Funções do modelo; 4) construção de cenários.

**Palavras-chave:** sistemas multiagentes, modelação, simulação, ocupação do solo, cenários



## 1. INTRODUÇÃO

As regiões metropolitanas são marcadas por níveis consideráveis de consumo de espaço, colocando pressões sobre os solos agrícolas. Em Portugal, essas pressões ocorrem sobretudo na faixa litoral, com destaque para as áreas metropolitanas de Lisboa e do Porto. A diminuição e fragmentação de área agrícola tem impacto na produção de alimentos, na multifuncionalidade da paisagem e na protecção do solo enquanto recurso escasso, colocando desafios em termos de política para o ordenamento do território.

Em Portugal, entre 2000 e 2006, segundo os dados de uso/ocupação do solo Corine Land Cover, registou-se um aumento de 25% dos territórios artificializados muito em detrimento dos territórios agrícolas. Actualmente, na Europa, cerca de 75% da população vive em áreas urbanas que crescem sobretudo de forma dispersa. Esta dispersão e fragmentação urbanas são actualmente dois dos principais desafios que se colocam a nível Europeu em termos de ordenamento do território e sustentabilidade. Portugal segue esta mesma tendência europeia, registando-se, sobretudo nas últimas duas décadas, um processo de urbanização intenso com formas de povoamento disperso (Gaspar, 2003). A melhoria da acessibilidade rodoviária associada à utilização do automóvel (Costa e Costa, 2003) reforçou a organização deste tipo de povoamento (Marques, 2006), com destaque para as áreas do litoral, sobretudo entre as duas áreas metropolitanas e o Algarve. Nestes territórios, ocorrem níveis de pressão e conseqüente transformação de solo natural e agrícola para uso urbano (nomeadamente para usos habitacionais ou para actividade turística). Em muitos locais de crescente acessibilidade coexistem actividades agrícolas, urbanas e residenciais e espaços expectantes, contribuindo para uma ocupação dispersa e fragmentada do território (MAOTDR, 2007). É nas regiões metropolitanas que estes fenómenos atingem o seu expoente máximo.

Estas dinâmicas de urbanização resultam num crescente consumo do espaço agrícola com enorme impacto em termos de segurança e a produção de alimentos, assim como da estrutura verde urbana. Contudo, a importância dos espaços agrícolas nas áreas urbanas, periurbanas e metropolitanas ganha uma nova dimensão e a sua preservação e gestão passam a ser assumidas como orientações da política “verde” Europeia. Mas, mesmo apesar destes espaços assumirem um papel importante nas questões de desenvolvimento sustentável, estas orientações de política estão ainda parcamente salvaguardadas à escala local. Há ainda uma dificuldade em entender o conceito de agricultura (peri)urbana enquanto área “tampão” à expansão do crescimento urbano e como parte integrante da estrutura verde do sistema urbano, assim como das interacções entre actores (aqui designados de agentes) e o seu território (aqui designado de ambiente) enquanto desencadeadoras de decisões capazes de influir alterações de uso/ocupação do solo em área agrícola. Os objectivos e proposta desta investigação passam pela construção de um modelo em sistema multiagentes (SMA) para modelação das interacções entre actores e território e das decisões que daí decorrem para prever cenários de alterações de uso e ocupação do solo agrícola, propondo alternativas para a agricultura em contexto metropolitano (áreas urbanas e periurbanas).

## 2. MODELAÇÃO E SISTEMAS MULTIAGENTES

Nos últimos anos têm sido utilizados sistemas de modelação em SIG, ligados à inteligência artificial, muito vocacionados para a modelação dinâmica e comportamental para interpretar as alterações de uso/ocupação do solo, sendo a maior parte relativa a dinâmicas de crescimento urbano (Silva e Wu, 2014; Crooks, 2014) e suas implicações ao nível do ordenamento do território (Batty et al, 1999), assim como na predição de alterações de uso do solo (Li e Yeh, 2002). Segundo Burrough (1998) a modelação dinâmica procurou ultrapassar as limitações existentes nas tecnologias de informação geográfica que apresentavam uma perspectiva estacionária e bidimensional sobre os fenómenos. Para a modelação dinâmica espaço-temporal existe um vasto conjunto de modelos matemáticos que poderão ser utilizados, como as cadeias de Markov, os modelos logísticos de difusão, os modelos de regressão e os sistemas de multiagentes. Os 3 primeiros são mais eficientes para modelar processos estáticos. Já os modelos de multiagentes são modelos exploratórios que permitem a adaptação a diferentes cenários.

Os SMA são capazes de representar fenómenos espaço-temporais centrados na paisagem e nas suas transições. São constituídos por agentes que possuem controlo sobre as suas acções, com o intuito de alcançar os objectivos previamente definidos. Os agentes interagem de acordo com um modelo de cognição estabelecendo a ligação entre os seus objectivos autónomos e o ambiente. Os SMA envolvem recursos ao nível da





modelação computacional, permitindo uma multiplicidade de aplicações resultando na criação de diferentes cenários. Interação com os restantes agentes estabelecendo ligações ao nível da coordenação, cooperação, competição e negociação. Existe um conjunto de exemplos de modelos baseados em SMA com aplicações ligadas à temática da agricultura. São exemplo: 1) o Swidden Farming (Barton, Michael, 2014) que simula as dinâmicas da agricultura itinerante com os agentes domésticos (agricultores); 2) o MayaSim (Heckbert, Scott, 2013) que analisa a relação entre o crescimento da população, a produção agrícola, a pressão existente sobre o ecossistema e a estabilidade das redes comerciais; 3) o Regional LUCC-NL (Valbuena, Diego, 2011) que permite a realização de uma análise das mudanças na estrutura da paisagem, como resultado das decisões dos agricultores; 4) o ALUAM-AB (Briner, Simon, 2012) que visa compreender as mudanças no uso do solo agrícola, desencadeadas a partir das mudanças políticas e de mercado (indo ao encontro das preferências individuais dos agricultores); 5) ou o AgriPolis (Kellermann, K, 2008) que tenta compreender de que modo as estruturas ecológicas mudam dentro de uma região, em resposta a diferentes políticas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudo

O concelho de Torres Vedras (Figura 1) está localizado num contexto de área peri-urbana com uma população total de 80 000 habitantes. Ocupa uma área de 407 km<sup>2</sup>, em que cerca de 70% da sua área é coberta por área agrícola. O Concelho de Torres Vedras está integrado na Região Metropolitana de Lisboa (RML) (NUT III do Oeste, Lezíria do Tejo, Grande Lisboa e Península de Setúbal). Segundo o recenseamento de 2011 a RML tem uma população de cerca de 3,4 milhões de habitantes. Nesta área podemos encontrar uma actividade agrícola ainda muito intensiva. A região da Lezíria do Tejo e do Oeste são das mais importantes do país em termos de fertilidade dos solos e de produção agrícola (Abrantes et al., 2013). As NUT III da Grande Lisboa e Península de Setúbal têm uma actividade agrícola muito intensa. Contudo é uma região que tem perdido muito espaço agrícola em detrimento de solo urbano e esta expansão urbana faz-se de forma muito dispersa e fragmentada, o que coloca desafios em termos de política de ordenamento do território.



Figura 1 – Área de estudo

#### 3.2. O SMA AGRIMET

O SMA AgriMet visa modelar as interações entre agentes e território para prever cenários de alterações de uso/ ocupação do solo. Estas interações baseiam-se em regras e funções extraídas através de entrevistas realizadas a um conjunto de 50 agricultores. O sistema multiagentes AgriMet foi desenvolvido para o concelho de Torres Vedras tendo por base um conjunto de fases que descrevemos sucintamente:



- 1) Uso do Solo (2010) à escala 1:25 000 correspondendo ao TERRITÓRIO com as seguintes classes de uso do solo: Superfícies artificiais [A], Áreas não-irrigadas [B], Áreas permanentemente irrigadas [C], culturas permanentes [D], Pastagens [E], Áreas agrícolas heterogêneas [F], Floresta [G] e Planos de água [H]. Cada pixel é alocado a uma determinada classe de uso do solo e a uma classe de uso do PDM (RAN, Área Agrícola, Área Urbana, Área Urbanizável). O tamanho do pixel utilizado foi de 25 metros.
- 2) Entrevistas realizadas a agricultores. Estas entrevistas têm por objectivo perceber, as lógicas dos diferentes AGENTES e as suas interações com o território, e como estas levam a determinadas tomadas de decisão para o horizonte temporal de 2025. Em que foi possível identificar se o agricultor pretendia: 1) vender área agrícola; 2) expandir área agrícola (definindo as classes de uso); 3) manter área agrícola (arrendar; abandonar).
- 3) A construção do modelo de multiagentes com definição dos Agentes, Território, Regras e Funções do modelo.
- 4) A construção do sistema multiagente em ambiente NETLOGO. O NETLOGO é uma das aplicações mais utilizadas na modelação de fenómenos naturais e sociais e de sistemas complexos. Este é um software de código aberto, escrito em linguagem de programação Scala e em Java.
- 5) A construção de cenários. O Modelo AgriMet apresenta 4 cenários com o horizonte temporal de 2025: A0 – Intenções dos agricultores de transformar a sua exploração agrícola de acordo com as condições actuais; A1 – Intenções dos agricultores de transformar a sua exploração agrícola num contexto de uma procura crescente por produtos agrícolas; A2 – Intenções dos agricultores de transformar a sua exploração agrícola num contexto decréscimo de procura por produtos agrícolas; e A3 – Intenções dos agricultores de transformar a sua exploração agrícola num contexto de procura por terrenos para construção urbana.

O modelo AgriMet (Figura 2) permite simular comportamentos do agricultor relativos às suas decisões de mudança no uso do solo. Os diferentes cenários representam quatro imagens futuras do território permitindo antecipar pontos fortes e fraquezas de cada um. O modelo AgriMet é composto por um comando que permite ao utilizador importar o uso do solo (tempo 0) em formato ASCII (dados matriciais). Os cenários “A0”, “A1”, “A2” e “A3” integram as probabilidades de transições obtidos através das entrevistas aos agricultores. As informações de saída do modelo AgriMet mostram a percentagem atribuída para cada classe de uso do solo e para cada cenário.

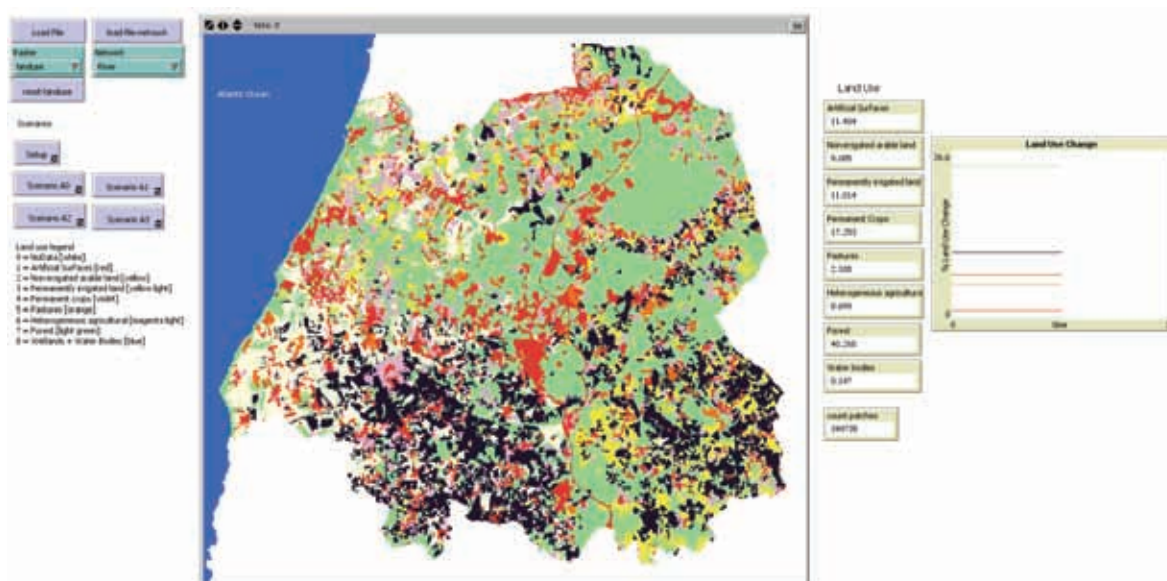


Figura 2 – Modelo AgriMet (desenvolvido no software NetLogo)



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Cenários

Os cenários têm sido utilizados para inúmeras percepções sobre futuros alternativos. Para a Agência Europeia do Ambiente os cenários são uma ferramenta de síntese capaz de traduzir um conjunto de informações complexas direccionados para os responsáveis políticos e para o público em geral. Um bom cenário deve ser sólido, com base em bons argumentos para identificar problemas potenciais. Tem de apresentar alternativas, identificando novas imagens do futuro. Um cenário não é uma previsão, não é uma imprevisibilidade do que será no futuro: O cenário coloca perguntas como: “o que pode acontecer”, “o que aconteceria se...?”

### 4.2. Cenários do Modelo AGRIMET

O cenário A0 indica uma estabilização na classe de superfícies artificiais. No entanto, existem ganhos na terra permanentemente irrigada (1,09%) e culturas permanentes (0,988%). Por outro lado, as perdas foram registadas nas áreas não-irrigadas (-0.323%), pastagens (-0.088%), áreas agrícolas heterogéneas (-0.423%) e floresta (-1.246%).

No cenário A1 há ganhos nas áreas permanentemente irrigadas (2.783%) e culturas permanentes (4.631%). As perdas verificam-se nas áreas não-irrigadas (-1.428%), pastagens (-0.263%), áreas agrícolas heterogéneas (-1.52%) e floresta (-4.209%). Este cenário demonstra o possível futuro impacto do aumento da produtividade agrícola.

O cenário A2 indica uma diminuição nas áreas não-irrigadas (-4,663%), da permanentemente irrigada (-3.774%), das culturas permanentes (-7.451%) e das áreas agrícolas heterogéneas (-4.376%). Por outro lado, registaram-se aumentos das pastagens (1.243%) e da floresta (19.048%). Este cenário demonstra uma diminuição global de terras aráveis, que resulta de um generalizado abandono de terras agrícolas.

O cenário A3 é o único cenário que preconiza um crescimento de superfícies artificiais (2.105%). As perdas foram registradas nas áreas não irrigadas (-0.19%), nas áreas permanentemente irrigada (-0.307%), nas culturas permanentes (-0.259%), nas pastagens (-0.051%), nas áreas agrícolas heterogéneas (-0.378%) e na floresta (-0.83%). Este cenário pressupõe um aumento nas taxas de crescimento urbano e alterações espaciais no tipo de crescimento. Este cenário também evidencia uma perda significativa de áreas/zonas protegidas.

Quadro 1- Cenário A0, A1, A2 e A3 e respectivas variações (Superfícies artificiais [A], Áreas não-irrigadas [B], Áreas permanentemente irrigadas [C], culturas permanentes [D], Pastagens [E], Áreas agrícolas heterogéneas [F], Floresta [G], Planos de água [H]).

Cenários	Usos do Solo (%)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Uso do solo 2010	11,404	9,085	11,014	17,253	2,188	8,699	40,268	0,147
A0 - 2025	11,404	8,762	12,104	18,241	2,1	8,276	39,022	0,147
A1 - 2025	11,404	7,657	13,797	21,884	1,925	7,179	36,059	0,147
A2 - 2025	11,404	4,422	7,24	9,802	3,431	4,323	59,316	0,147
A3 - 2025	13,419	8,895	10,707	16,994	2,137	8,321	39,438	0,147
Var. A0 - 2010-2025	0	-0,323	1,09	0,988	-0,088	-0,423	-1,246	0
Var. A1 - 2010-2025	0	-1,428	2,783	4,631	-0,263	-1,52	-4,209	0
Var. A2 - 2010-2025	0	-4,663	-3,774	-7,451	1,243	-4,376	19,048	0
Var. A3 - 2010-2025	2,015	-0,19	-0,307	-0,259	-0,051	-0,378	-0,83	0

Nos 4 cenários foi possível constatar os diferentes impactos ao nível das dinâmicas de transformação do uso do solo que cada cenário apresenta. Através da análise destas dinâmicas será possível identificar os factores determinantes do processo que levam à tomada de decisão do agente agricultor em cada um dos cenários.



Estes resultados permitem aos actores do planeamento, avaliar os potenciais impactos sociais e económicos que cada uma destas transformações do uso do solo pode trazer para o território, permitindo antecipar futuros potenciais ajudando no mesmo sentido a criar novas políticas de planeamento.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta investigação surge da relevância actual do uso do solo agrícola no contexto do ordenamento do território e das estratégias de desenvolvimento urbano sustentável, nomeadamente da necessidade das políticas urbanas e regionais responderem eficazmente ao papel que cada vez mais a agricultura assume em contexto urbano e periurbano.

O modelo AgriMet enquanto ferramenta de apoio aos decisores políticos, evidenciando futuros desejáveis ou indesejáveis, permitirá introduzir um melhor conhecimento das políticas de planeamento ao nível local.



## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi desenvolvido no contexto de bolsa de doutoramento de Eduardo Gomes financiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia com a referência SFRH/BD/103032/2014.

## REFERÊNCIAS

- Abrantes, P., Marques da Costa, E., Queirós, M., Padeiro, M., Mousselin, G. (2013). Lezíria do Tejo: agriculture et étalement urbain aux marges métropolitaines de Lisbonne. *Cah Agric* 22, 526-34. doi : 10.1684/agr.2013.0669
- Batty M., Yichun X., Sun Z. (1999). The Dynamics of Urban Sprawl. *Centre for Advanced Spatial Analysis* 15, 36 p.
- Briner, Simon (2012). Alpine land-use allocation model - ALUAM-AB (Version 2).
- CoMSES Computational Model Library. [Online]. Disponível em: <http://www.openabm.org/model/2870/version/2> (Acedido em 14 de maio de 2014)
- Crooks A., Patel A., Wise S (2014) Multi-Agent Systems for Urban Planning, in N. N. Pinto, J. A. Tenedório, A. P. Antunes, and J. Roca (eds.), *Technologies for Urban and Spatial Planning: Virtual Cities and Territories*, Hershey, PA: IGI Global, pp. 29-56, 2014.
- Barton, C.M. (2014). Swidden Farming Version 2.0 (Version 3). CoMSES Computational Model Library. [Online]. Disponível em: <http://hdl.handle.net/2286.0/oabm.3826> (Acedido em 28 de março de 2014)
- Burrough, P. (1998). *Dynamic Modelling and Geocomputation: A Primer*. P. Longley, M. Batty and R. McDonnel. London, John Wiley & Sons.
- Costa E., Costa N. (2003). Acessibilidades e configuração de bacias de emprego no território nacional. *Actas do X Encontro da APDR, Évora*.
- Gaspar J. (2003). Inserção da área metropolitana de Lisboa no País, na Península Ibérica e na Europa. In *Atlas da Área Metropolitana de Lisboa*. (pp. 31-43) Área Metropolitana de Lisboa.
- Heckbert, S. (2013). MayaSim: An agent-based model of the ancient Maya social-ecological system. (Version 4). CoMSES Computational Model Library. [Online]. Disponível em: <http://hdl.handle.net/2286.0/oabm:3063> (Acedido em 12 de maio de 2014).
- Li X., Yeh A. (2002). Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS. *International Journal of Geographical Information Science* 16(4), 323-343.
- Kellermann, K, Happe, K, Sahrbacher, C., Balmann, A., Brady, M., Schnicke, H., Osuch, A. (2008). AgriPolis 2.1 - Model documentation. Technical Report Halle (Saale): IAMO: [http://www.agripolis.de/documentation/agripolis\\_v2-1.pdf](http://www.agripolis.de/documentation/agripolis_v2-1.pdf)
- MAOTDR – MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (2007). Programa nacional da política de ordenamento do território. Lisboa.
- Marques T. (2006). Portugal Urbano: Mosaicos, Polaridades, Relacionamentos e Governança. In *Cidade e Democracia: 30 Anos de Transformação Urbana em Portugal*. (pp. 80-91). Argumentum.
- Pinto N., Tenedório J., Antunes A., Cladera J. (2014) *Technologies for Urban and Spatial Planning: Virtual Cities and Territories*. Vol 1, 349p. IGI Global.
- Silva E., Wu N. (2014) DG-ABC: An Integrated Multi-Agent and Cellular Automata Urban Growth Model, in N. N. Pinto, J. A. Tenedório, A. P. Antunes, and J. Roca (eds.), *Technologies for Urban and Spatial Planning: Virtual Cities and Territories*, Hershey, PA: IGI Global, pp. 57-92, 2014.
- Valbuena, D. (2011). An empirical ABM for regional land use/cover change: a Dutch case study (Version 1). CoMSES Computational Model Library. [Online]. Disponível em: <http://www.openabm.org/model/2461/version/1> (Acedido em 14 de maio de 2014)

## CONTACTOS

Eduardo GOMES: [eduardojonas@campus.ul.pt](mailto:eduardojonas@campus.ul.pt)  
Patrícia ABRANTES: [patricia.abrantes@campus.ul.pt](mailto:patricia.abrantes@campus.ul.pt)  
Arnaud BANOS [arnaud.banos@parisgeo.cnrs.fr](mailto:arnaud.banos@parisgeo.cnrs.fr)  
Jorge ROCHA: [jorge.rocha@campus.ul.pt](mailto:jorge.rocha@campus.ul.pt)  
Inês FONTES: [inescsfontes@campus.ul.pt](mailto:inescsfontes@campus.ul.pt)



## **PROJETO NÓS PROPOMOS!: A MOBILIZAÇÃO DOS ALUNOS NA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DA COMUNIDADE**

Rui SANTOS<sup>1,2</sup>, Sérgio CLAUDINO<sup>2</sup>, Lucinda FONSECA<sup>2</sup>, Carlos GONÇALVES<sup>2</sup>, Miguel PADEIRO<sup>2</sup>, Pedro GUIMARÃES<sup>2</sup>, Ricardo GARCIA<sup>2</sup>, Paulo MORGADO<sup>2</sup> e Maria João RAIMUNDO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Esri Portugal, Sistemas e informação Geográfica S.A.

<sup>2</sup> Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa

**RESUMO:** O Projeto Nós Propomos! Cidadania e Inovação na Educação Geográfica pretende conjugar o esforço de renovação de uma educação geográfica comprometida com a educação em cidadania com o apelo crescente à participação pública nas tomadas de decisão sobre o território local. Atualmente está na sua 5ª edição. Principais objetivos: promover uma ativa cidadania territorial junto dos alunos; aproximar o poder local das comunidades através das escolas; valorizar o Estudo de Caso, na disciplina de Geografia do ensino secundário, como espaço curricular de ensino experimental sobre problemas locais; fomentar redes de cooperação entre atores locais, como universidades, escolas, autarquias, associações locais e empresas. Os estudantes são organizados em grupos e identificam problemas locais relevantes que pretendem pesquisar; realizam trabalho de campo sobre esses problemas; têm sessões de trabalho com as autarquias sobre o PDM, que os ajudam a enquadrar os seus projetos. A Esri Portugal apoia a construção de mapas. Todas as propostas são apresentadas num Seminário Nacional na Universidade de Lisboa e partilhadas junto da comunidade, em especial junto das autarquias, que se pretendem mobilizar para o Projeto. Os resultados são as propostas dos alunos, publicadas em DVD e online, mas, sobretudo, a formação em cidadania dos alunos que revelam habitualmente uma grande adesão ao projeto. Algumas das propostas dos alunos foram adoptadas pelas autarquias tendo sido reflectidas no Plano Diretor Municipal.

**Palavras-chave:** alunos, educação geográfica, cidadania territorial, parcerias, plano diretor municipal, SIG.



## 1. MOTIVAÇÃO

Segundo o Programa de Geografia A dos 10º e 11º ou 11º e 12º anos dos Cursos Científico--Humanísticos de Ciências Socioeconómicas e de Ciências Sociais e Humanas os alunos têm que realizar um Estudo de Caso conforme descrito na página 57 [Martins et al., 2001]:

“O estudo de caso é uma oportunidade efectiva de introduzir o conhecimento da realidade no trabalho em Geografia, evitando abstrações e generalizações abusivas que muitas vezes ocorrem quando o estudo geográfico incide sobre temáticas muito diferenciadas, incidentes em áreas mais ou menos vastas.

O facto de se inserir o estudo de caso no final do programa não significa que a sua realização não possa efectuar-se em qualquer outra altura do ano lectivo, dependendo esta decisão da forma como se encarar esta metodologia e da oportunidade da sua realização. Assim, o estudo de caso poderá ser um estudo detalhado de um assunto relacionado com qualquer dos temas do programa, com importância na região onde o aluno vive ou consistir na aplicação dos conhecimentos adquiridos e das competências desenvolvidas ao longo dos dois anos de aprendizagem deste programa. Nesta última situação, porque corresponde a um estudo de síntese, deverá ser realizado no final do ano lectivo.

Em qualquer das situações, sugere-se a utilização da metodologia do trabalho de projecto, incluindo o trabalho de campo, a pesquisa bibliográfica e a recolha e o tratamento de informação recolhida em fontes diversificadas.

Com esta metodologia pretende-se que os alunos desenvolvam as seguintes competências:

- Interpretar, analisar e problematizar casos concretos que evidenciem as inter-relações entre fenómenos naturais e humanos;
- Analisar casos concretos de gestão do território que mostrem a importância da preservação e conservação do património natural e cultural;
- Analisar criticamente problemas que afectam a região onde vive, reflectindo sobre soluções possíveis para os problemas detectados;
- Utilizar técnicas e instrumentos adequados de pesquisa em trabalho de campo;
- Seleccionar, sistematizar e interpretar dados estatísticos, rentabilizando o uso de técnicas de expressão gráfica e cartográfica.”

Constatou-se que poucos eram os estudantes que efectivamente realizavam o Estudo de Caso porque não era uma matéria abordada no exame nacional devido à sua relatividade e dificuldade de avaliação.

No ano lectivo de 2011/2012 o Prof. Doutor Sérgio Claudino do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-ULisboa) teve a ideia de promover um concurso nacional de forma a incentivar a realização do Estudo de Caso. A Esri Portugal (Esri-PT) através do Consultor e GeoMentor Rui Santos, responsável pelo mercado de Ensino e Investigação na empresa, associou-se logo ao projecto, ainda no seu período de divulgação. O primeiro seria responsável pela questão científica e metodológica enquanto o segundo seria o responsável pela formação e apoio na expressão gráfica e cartográfica.

A solução escolhida foi o ArcGIS Online, solução de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na nuvem, essencialmente por três razões: é uma solução gratuita, sem necessidade de instalação de software e correspondia às necessidades da elaboração do Estudo de Caso.

Desde a primeira hora que se envolveram as Autarquias que seriam as responsáveis pela explicação do Plano Director Municipal (PDM) para que as propostas dos estudantes, embora com algum idealismo à mistura, pudessem ser o mais realistas possíveis na esperança que as melhores, se tivessem qualidade suficiente, pudessem ser implementadas pela própria Autarquia.

Outro eixo muito importante foi o da Cidadania e da Participação Pública. A maioria destes estudantes ainda não têm idade para votar e por isso sentem que a sua opinião não conta. Por outro lado consideram que os problemas são para serem resolvidos pelos outros. Pretendemos dar o nosso contributo para que passassem a ser parte da solução e assumissem a sua cota parte de responsabilidade e de ajuda ao poder local, apresentando não só os problemas mas sobretudo soluções com critério.



O culminar do projecto seria num seminário nacional a realizar na Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, que era a Unidade Orgânica onde estava inserido o Departamento de Geografia. Serviria também como partilha de experiências entre todos os participantes e uma forma de conhecer diferentes realidades e eventuais soluções que podem ser implementadas em outros locais.

## 2. OS PRIMEIROS 5 ANOS

Este percurso foi bastante gratificante, participativo, entusiasmante e como qualquer empreendimento desta natureza com menores e maiores facilidades.

No sítio oficial do projecto, <http://www.nospropomos.igot.ul.pt/>, poderão consultar os trabalhos de todas os anos assim como outra informação relevante. Neste artigo iremos fazer um resumo quantitativo e qualitativo em jeito de balanço destes primeiros 5 anos do projecto.

No primeiro ano as escolas aderiram ao projecto por sua iniciativa a partir da divulgação da organização do mesmo e situavam-se, maioritariamente, relativamente próximas de Lisboa com excepção da Escola Secundária João de Deus de Faro. Nos dois anos seguintes existiu uma expansão para Évora e para o Norte do País conforme se pode verificar na Figura 1. No 4.º (Figura 2) e 5.º ano (Figura 3) chegou aos arquipélagos dos Açores e da Madeira assim como ao Interior e Norte de Portugal Continental.



Figura 1 – Escolas Participantes nos 3 primeiros anos do Projecto

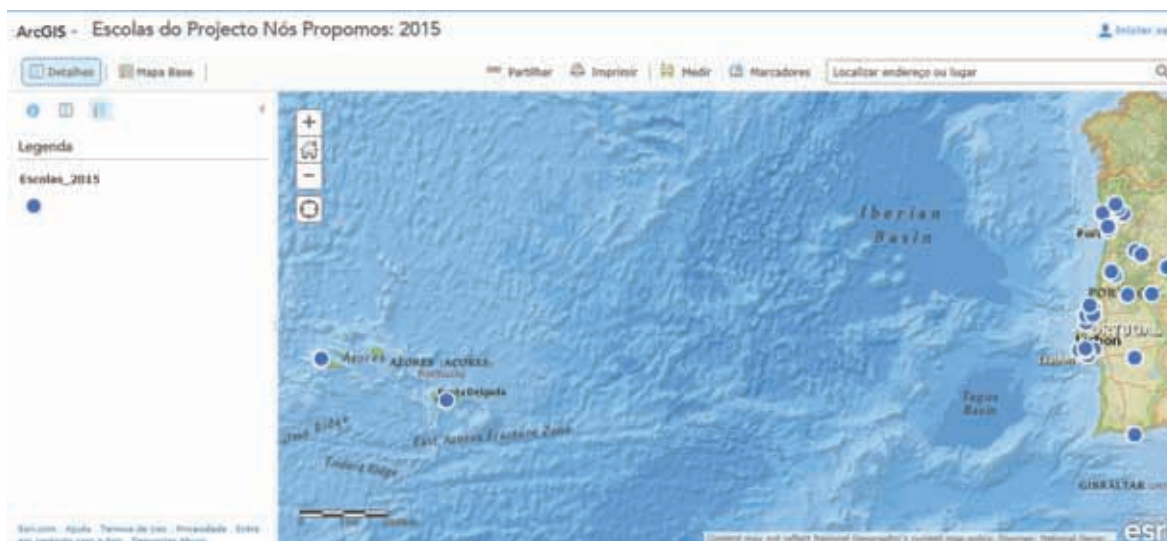


Figura 2 – Escolas Participantes no 4.º ano do Projecto



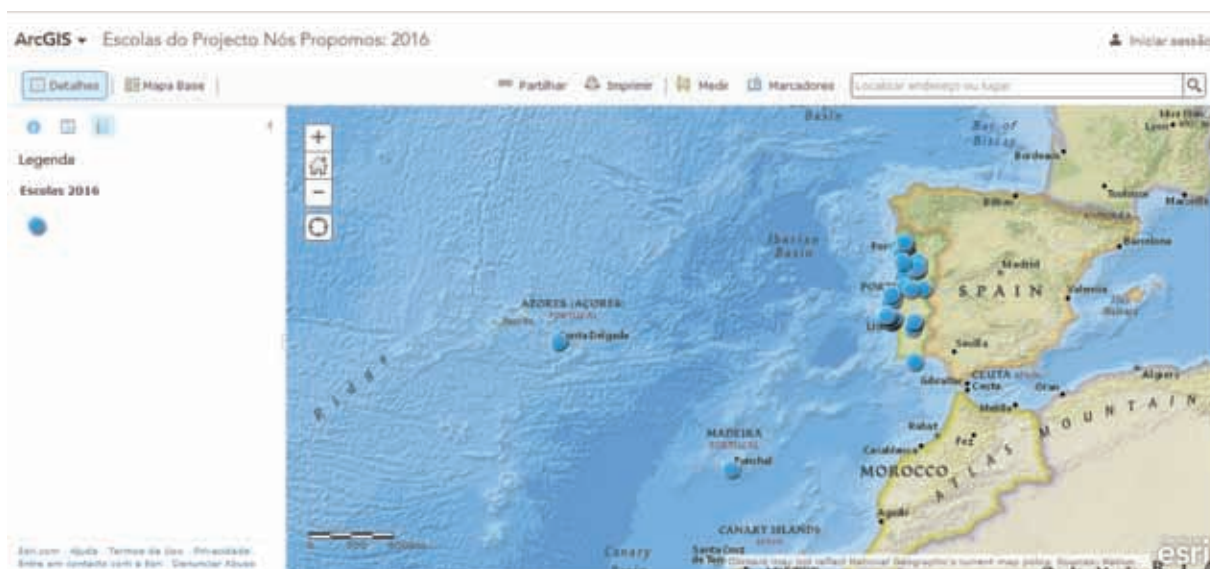


Figura 3 – Escolas Participantes no 5.º ano do Projecto.

Quadro 1 – Evolução do número de Escolas, Projectos e Estudantes Participantes nos 5 anos do Projecto.

Dados	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	Total
Escolas	9	8	16	36	46	115
Projectos	67	49	91	249	271	727
Estudantes	393	362	608	1 346	1 600	4 309

Conforme se pode constatar pelo Quadro 1 e pela Figura 4 existiu um crescimento acentuado nos últimos dois anos. Este facto deveu-se em grande parte ao apoio na divulgação por parte da Direcção-Geral de Educação do Ministério da Educação, na divulgação entre professores e em alguns casos pelo próprio incentivo das respectivas autarquias como são exemplos a CM de Braga, Évora e da Sertã que tiveram conhecimento deste projecto em alguns eventos como são exemplo o Encontro de Utilizadores da Esri Portugal e o Congresso da Geografia Portuguesa.

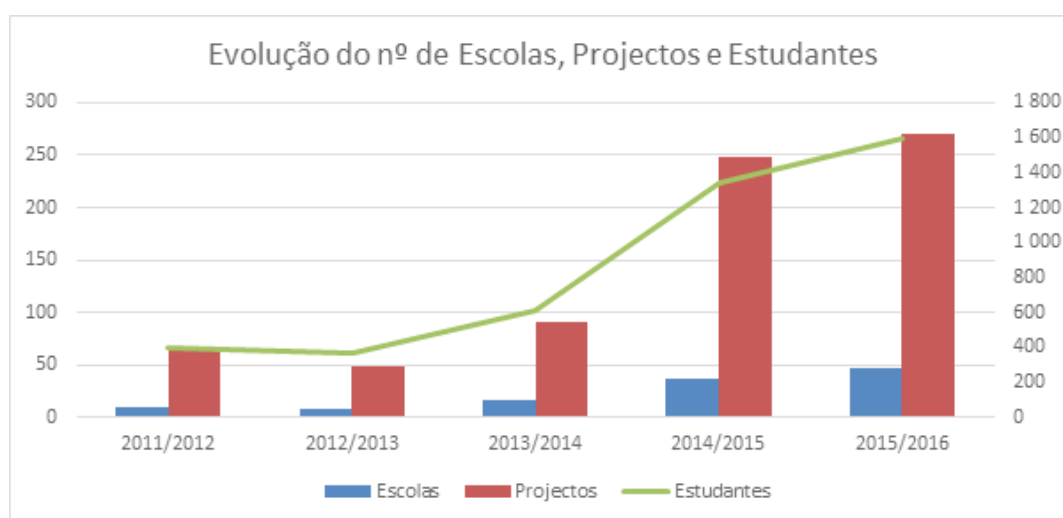


Figura 4 – Evolução do n.º de Escolas, Projectos e Estudantes



Todos os anos foi lançado o desafio aos estudantes participantes no projecto de sugerirem um logótipo sendo que o mais votado seria eleito o logótipo do projecto para esse ano respectivo. O autor recebeu um prémio que foi variando conforme os apoios que o projecto foi conseguindo. A Figura 5 representa os logótipos vencedores das 4 primeiras edições do projecto.



Figura 5 – Logótipos dos 4 primeiros anos do projecto

Na última edição, que foi muito mais participada que em anos anteriores, abriu-se a votação à sociedade também. Ao todo foram apresentados vinte e oito logótipos o que representou, não só, um salto quantitativo, mas, sobretudo um salto qualitativo. Desta forma foram seleccionados dois logótipos que constam na Figura 6.



Figura 6 – Logótipo do Projecto (eleito pelos estudantes e professores) e Logótipo Sociedade (eleito pelos visitantes do sítio na internet do projecto).

Todas as escolas foram visitadas pela equipa de coordenação do projecto. Nos dois últimos anos a equipa de coordenação teve que ser bastante alargada para cumprir esta determinação. Os arquipélagos foram neste último ano, uma excepção tendo a reunião de coordenação sido realizada por videoconferência.

### 3. METODOLOGIA

O projecto tem uma cronologia definida para cada uma das etapas do projecto. Tipicamente existem dois períodos de candidatura, sendo um em Julho e outro em Setembro.

Sugerimos que os professores apliquem um teste de diagnóstico para termos uma ideia do conhecimento dos estudantes sobre estas matérias. No final do projecto é feito outro inquérito onde os estudantes avaliam o projecto de modo a avaliar a evolução dos estudantes.

A próxima etapa passa pela constituição dos grupos e escolha dos temas. Ambos podem sofrer alterações durante o desenvolvimento do projecto até uma fase intermédia.

Posteriormente, ou até simultaneamente, é estabelecido o contacto com a autarquia de forma a que os estudantes tenham uma sessão sobre o PDM. Por vezes também se conseguem estabelecer apoios com outras entidades locais como foi o exemplo do Concelho de Alcobaça.



As sessões da equipa de coordenação com as escolas iniciam-se também nesta fase e, em alguns casos, a sessão da autarquia decorre no mesmo dia. O conceito é o de ajudar os estudantes apresentando o projecto e dando exemplos do que foi feito em anos anteriores para se inspirarem. Sempre que possível também decorre uma sessão sobre as potencialidades dos SIG.

Os projectos têm quase sempre trabalho de campo, inquéritos, tratamento dos resultados e apresentação dos mesmos em mapas.

É realizado um inquérito intermédio para termos a constituição dos grupos e dos temas de uma forma mais definitiva. Estes dados ajudam-nos a preparar o seminário nacional onde, desejavelmente, todos apresentam os seus projectos.

O Seminário Nacional decorre no final de Abril ou início de Maio e é organizado por painéis onde são misturadas várias escolas. Estas sessões decorrem durante o período da manhã em simultâneo e com uma mudança de grupos a cada hora. A ideia é que os estudantes apresentem os seus trabalhos a outras escolas de forma a enriquecer a experiência de todos. Na parte da tarde existe uma sessão solene de encerramento que se realiza na Aula Magna da Reitoria da Universidade de Lisboa. São entregues vários prémios consoante os patrocínios e apoios que o projecto consegue angariar.

Os alunos e professores são incentivados a apresentarem os seus resultados às respectivas autarquias de forma a estas terem um retorno pelo apoio prestado. Desta forma é mais fácil saberem o que mais preocupa estes jovens e como pretendem resolver a situação. Em alguns casos as autarquias têm implementado algumas sugestões, vertidas para o PDM, ou discutidas em Assembleia Municipal.

#### 4. CONCLUSÕES

Este projecto tem trazido um novo dinamismo no Ensino da Geografia, com exemplos reais, que afectam os estudantes e onde estes respondem com muito empenho. É de longe o maior projecto nacional da disciplina de Geografia pela quantidade de estudantes e professores que o têm dinamizado. As autarquias têm aderido com muito entusiasmo e em alguns casos lançaram Orçamentos Participativos específicos para jovens. A implementação dos seus projectos é um incentivo para todos os municípios.

O projecto está em fase de internacionalização, já a decorrer no Brasil, graças à Prof.<sup>a</sup> Sandra Mendonça do Colégio de Aplicação da Universidade de Santa Catarina, e ao Prof. João Bazolli da Universidade Federal de Tocantins e, no próximo ano lectivo, será introduzido em Espanha.

Na 6.<sup>a</sup> edição os materiais sobre SIG serão disponibilizados no arranque do projecto, incluindo uma apresentação do que são os SIG e outra sobre como utilizar a Plataforma. Existe uma componente para esclarecimentos de dúvidas e apoio online em que todos podem participar. Esta comunidade tem um sistema de pontos de forma a incentivar a colocação de dúvidas e premiar quem responde às mesmas.



## AGRADECIMENTOS

Este projecto só foi possível graças ao apoio, ao longo destes anos, de algumas entidades que passamos a enunciar:

- Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa;
- Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa;
- Esri Portugal, Sistemas e Informação Geográfica S.A.;
- Direcção-Geral da Educação do Ministério da Educação: divulgação e membro do júri para avaliação dos trabalhos;
- Palácio Nacional da Ajuda: visita gratuita;
- Eurotel ALTURA | hotel & beach \*\*\*\*\*: oferta de um fim-de-semana a um professor, participante no projecto, com um acompanhante;
- Plátano Editora: oferta de material didáctico;
- Ciência Viva - Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica: financiamento através do programa “Escolher Ciência” em 2013 e 2014, e, em 2015, através da oferta de bilhetes aos alunos para os Centros Ciência Viva;
- Sport Lisboa e Benfica: oferta, na edição de 2014-15, de entradas gratuitas para um jogo de futebol à melhor escola que participou no projecto. A vencedora foi a Escola Secundária Emídio Navarro de Viseu;
- Sporting Clube de Portugal: oferta, na edição de 2014-15, de entradas gratuitas para um jogo de futebol aos melhores grupos de cada escola que participaram no projecto;
- Partido Comunista Português: oferta de autocarro e estadia para visita ao Parlamento Europeu em Bruxelas nas duas últimas edições.

## REFERÊNCIAS

Alves, M., Brazão, M., Martins, O. (2001). Programa de Geografia A 10.º e 11.º ou 11.º e 12.º ano - Cursos Científico-Humanísticos de Ciências Socioeconómicas e de Ciências Sociais e Humanas - Formação Específica, Departamento do Ensino Secundário do Ministério da Educação, p.57.

## CONTACTOS

Rui SANTOS: rui.santos@esri-portugal.pt

Sérgio CLAUDINO: sergio@campus.ul.pt

## Notas Finais

A Conferência Nacional de Geodesição foi criada em 2014 para permitir que várias intervenientes - decisores, técnicos, investigadores – de vários meios – poder central, autarquias, empresas, centros de investigação – pudessem apresentar trabalhos e discutir a importância do ato de decidir com recurso a informação georreferenciada.

Em 2016 surge a segunda edição do evento, que contou com a presença da Secretária de Estado do Ordenamento do Território e da Conservação da Natureza, Dr.<sup>a</sup> Célia Ramos, na cerimónia de abertura. No presente documento apresenta-se a análise da Conferência: da intervenção do conferencista convidado, das sessões técnicas e da Mesa Redonda sobre Cadastro.

O conferencista convidado foi o Eng.<sup>o</sup> José Pedro Neto, Vice-presidente da CCDR Lisboa e Vale do Tejo. Da conferência, intitulada «Contributo da Informação Geográfica para o Crescimento», sublinha-se: «no âmbito da estrutura operacional do Portugal 2020 e respetivos programas operacionais, onde se insere o Programa Operacional da Região de Lisboa – POR Lisboa 2020, importa compreender de que forma pode a sociedade beneficiar da utilização da informação geográfica (IG), nomeadamente ao nível da tomada de decisão».

Esta afirmação encerra, conforme realçou o Professor José António Tenedório, que fez a introdução ao tema da conferência, um conjunto vasto de questões que resumidamente se sintetizam:

- Evidência 1: falta fazer um estudo de balanço sobre a utilidade e o valor económico da informação geográfica (IG) para ordenamento do território e para o ambiente, nomeadamente no que se refere à cadeia de valor que a IG encerra. Neste contexto poder-se-á perguntar: qual o papel da IG na cadeia de valor dos serviços prestados pelo sector público e que impacto isso pode ter no crescimento?
- Evidência 2: a IG é um pilar insubstituível no suporte às decisões estratégicas para o território, nomeadamente em clima de incerteza quanto ao comportamento dos agentes e, acima de tudo, no contexto europeu. Neste sentido, uma das questões fundamentais para a administração pública central relaciona-se com a necessidade de avaliar a grande diversidade de aplicações de IG disponíveis bem como as soluções tecnológicas que lhe dão suporte, quer para consolidar fluxos de informação, necessariamente interoperável, quer para garantir o progresso e a continuidade tecnicamente consistente do investimento realizado pela administração pública ao longo dos anos, com apoio de empresas consolidadas no mercado nacional e internacional.
- Evidência 3: A IG é determinante na avaliação de políticas públicas. Admitindo que: i) a IG deve suportar a decisão estratégica quanto ao território num contexto de políticas públicas; ii) a IG deve apoiar a priorização de políticas públicas; iii) a IG deve servir para monitorizar os desvios entre as ações e metas, quer as programadas quer as atingidas, nomeadamente nos programas operacionais regionais para que Portugal esteja em condições de poder responder à questão de interesse nacional: Pretende-se produzir um território mais coeso?

Durante a conferência foram realizadas apresentações técnicas de entidades de todo o país, com diversos casos de estudo a incidirem em regiões de baixa densidade populacional, relacionados com a análise de culturas, georreferenciação de espécies, processamento de modelos e cruzamento de informação com áreas de restrição (e.g. planeamento). Estas apresentações podem ser enquadradas no seguintes temas gerais:

### 1) Observação da Terra:

- Satélite: ainda com baixa utilização de imagens Copernicus, os participantes continuam a concretizar estudos com recurso à utilização de imagens Landsat. Continua a ser um recurso muito utilizado no meio académico para a geração de novos algoritmos;
- RPAS (drones): os testes académicos apresentados não recorreram a equipamentos de alta precisão, utilizando imagens de baixa resolução e voos até 100 metros de altitude.

## 2) Software:

- Open Source: muito ligado ao meio acadêmico e para testar abordagens que possam ser reproduzidas em ambientes produtivos. O conferencista convidado considerou que o software Open Source deve servir utilizadores com necessidades básicas no uso da tecnologia, mas considera que deve existir cautela no uso extensivo e para fins de elevada criticidade. Apresentou ainda algumas considerações sobre curva de aprendizagem mais lenta;
- Proprietário: o conferencista convidado considerou que o software proprietário deve ser a base dos sistemas centrais e críticos na Administração Pública, devendo ser mantido para as funções importantes e cruciais nas organizações públicas (dos municípios ao poder central). A crescente utilização de SaaS (Software as a Service) parece ser diferenciadora neste tipo de software.

## 3) Produção e partilha de informação geográfica:

- Crowdsourcing: foram feitas ao longo da conferência um conjunto de alusões à necessidade do cidadão, técnicos e organizações independentes contribuírem para a produção oficial de IG. Considera-se atualmente que a comunidade de Geodesição utiliza com maior frequência as redes de conhecimento e as estratégias colaborativas para potenciar o valor de informação e transformá-los em conhecimento prático para otimizar a gestão do território. Nomeadamente:
  - o Cadastro: na Mesa Redonda de Cadastro foi considerado que deve ser mais ágil a partilha de informação de diferentes fontes para a constituição de um cadastro nacional. DGT confirmou que esse pode ser um caminho a seguir. José Pedro Neto (conferencista convidado) referenciou os mais recentes desenvolvimentos de iniciativas de cadastro de infraestruturas a partir do financiamento POSEUR.
  - o Redes de Conhecimento e Partilha: a utilização de feedbacks de utilizadores em plataformas privadas com utilidade pública (e.g. Booking, Trip Advisor), pode permitir inferir análises com recurso a IG. A rede de conhecimento sustenta a análise de tendências e a transformação de modelos de negócio, como por exemplo na área do turismo. Neste caso particular, o investimento nestas análises transforma o saber em conclusões que influenciam o conhecimento sobre as consequências no negócio, relacionando-o com estudos sobre alterações climáticas.
  - o “Nós Propomos”: projeto promovido no contexto universitário para envolvimento de escolas secundárias com a IG faz parte de um contexto de partilha e aumento do número de utilizadores de IG, para influência de geodesições futuras.
- Dados Abertos: consideram-se fundamentais para aumento da cadeia de valor das soluções de IG. Em contraponto consideram-se os dados abertos úteis, desde que não impliquem, negativamente, o autofinanciamento das Organizações que os partilham. Considerou-se que se devem multiplicar os casos de Municípios que criam portais ou locais web para a partilha de dados abertos. Universidade de Lisboa pondera também a promoção de dados abertos.
- Open Standards: na área da IG e no contexto europeu, focam-se atenções sobre as normas OGC e INSPIRE. O patrocinador principal do evento (Spatineo) mostrou como a monitorização de serviços OGC comuns (WMS, WFS, WMTS e serviços Esri) permitem dar uma resposta inequívoca às necessidades da Diretiva INSPIRE. Adicionalmente foi apresentada a aplicação móvel MOHANA (MONitoring of HABitats at the level of a NATura 2000 site) que, além de utilizar serviços OGC, tem formulários de recolha que dão resposta à Diretiva INSPIRE.
- Big Data: considerou-se que o crescente volume de IG levanta novos desafios e exige novos modelos, centralizados e colocados à disposição dos utilizadores. O ultrapassar dos desafios dependem de soluções tecnológicas robustas e sólidas.
- Raw Data: além da partilha de IG processada, considera-se que seria útil a partilha de raw data (dados originais) para tornar mais dinâmica a utilização de IG.
- Sensores: apresentado um trabalho de telegestão de redes de água e a integração dos SIG para a emissão de ordens de trabalho para minimizar custos operacionais de uma câmara municipal.

- **Mobilidade:** a utilização de aplicações móveis em sistemas operativos comuns (Android, Windows, iOS) apareceu, em algumas das comunicações, com elemento disruptivo dos modelos de recolha de informação clássicos. Particularmente foram consideradas aplicações não só operacionais (e.g. Bombeiros) como de crowdsourcing (e.g. recolha de informação relativa a Biodiversidade).
- **RPAS:** os primeiros estudos feitos com RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems, vulgarmente designados por drones), nesta conferência sobre áreas de inundação e proteção do litoral, evidenciam processos de quantificação dos erros associados ao posicionamento em relação ao posicionamento mais preciso (e.g. uso de GPS em pontos de controlo). Não foram apresentadas aplicações de RPAS para fins produtivos em sistemas empresariais.

#### 4) Integração tecnológica e de informação:

- **Integração tecnológica:** Considera-se que a integração tecnológica é o caminho a seguir, facto evidenciado durante a Mesa de Cadastro, onde a The Navigator Company considerou que o sistema empresarial montado lhe permite cruzar, de forma otimizada, a informação alfanumérica com a IG relativa ao cadastro florestal.
- **Integração de informação:** A interoperabilidade com a utilização dos repositórios públicos de IG vem dar contexto à necessidade de integração de informação. É considerado que a evolução tecnológica permite que hoje existam todas as condições para inovar os modelos de negócio clássicos. A recolha de informação de cidadãos é hoje facilitada por existência de plataformas web em multiplataforma, minimizando recolhas de campo exaustivas.
- **SaaS (Software as a Service):** algumas comunicações já evidenciam a necessidade do uso da cloud como forma de produzir e disponibilizar informação operacional relevante. Este caminho evidencia mudanças nos modelos de negócio existentes.

A Comissão Organizadora da Conferência Nacional de Geodesição

Cristiana Pereira

Edgar Barreira

Maria João Henriques

Miguel Baio

Rita Matildes



**12 DE MAIO - 5ª feira**

09h00	Registo
10h00	<p><b>CERIMÓNIA DE ABERTURA</b></p> <p><i>Secretária de Estado do Ordenamento do Território e da Conservação da Natureza, Dr.ª Célia Ramos</i></p> <p><i>Vice-Presidente do Instituto Politécnico de Setúbal, Prof. Doutor João Vinagre</i></p> <p><i>Vogal do Conselho Diretivo do Laboratório de Engenharia Civil, Dr.ª Maria Alzira Santos</i></p> <p><i>Diretor da Escola Superior de Tecnologia do Barreiro, Prof. Doutor Pedro Salvado Ferreira</i></p>
10h45	<p><b>CONFERÊNCIA: Contributo da Informação Geográfica para o Crescimento</b></p> <p>Introdução: Prof. José Tenedório (FCSH-UNL)</p> <p>Conferencista: Eng.º <b>José Pedro Neto</b> (CCDR-LVT)</p>
11h30	<p><b>SESSÃO TÉCNICA 1</b> Moderador: <i>Professor Cédric Grueau</i> (ESTSetubal-IPS)</p> <p><b>LiveTeams: Gestão de Emergência online adaptativa pelo contexto.</b> <i>Rafael Bizarra e Armanda Rodrigues</i></p> <p><b>Utilização de metodologias de recolha e transmissão de informação de forma voluntária (VGI) em incêndios florestais, com as Equipas de Reconhecimento e Avaliação da Situação (ERAS)</b> <i>José Gaspar, Verónica Catarino e Tiago Marinho</i></p> <p><b>Tecnologia UAV no apoio à avaliação do perigo de inundação</b> <i>Paulo Fernandez, Luísa Pereira, Sandra Mourato e Madalena Moreira</i></p> <p><b>A cadeia de valor da inovação do conhecimento no projeto Geopredial.</b> <i>João Paulo Hespanha, Rui Pedro Julião e Carla Freitas</i></p> <p><b>Almoço</b></p>
14h30	<p><b>SESSÃO TÉCNICA 2</b> Moderador: <i>Professora Rita Anastácio</i> (IPT)</p> <p><b>A Georreferenciação de infraestruturas como suporte à gestão do serviço público</b> <i>Pedro Estrela e Rita Isidro</i></p> <p><b>Sistema Integrado de Monitorização e de Apoio à Gestão e Decisão – Caso de Estudo Herdade da Contenda</b> <i>Lia Duarte, Ana Cláudia Teodoro, Neftalí Sillero, José Alberto Gonçalves, João Fonte, Luís Gonçalves-Seco, Luis Miguel Pinheiro Da Luz e Nuno Dos Santos Beja</i></p> <p><b>Análise da geografia da vulnerabilidade e da mudança no sector turístico português</b> <i>Raquel Saraiva e João Craveiro</i></p> <p><b>Spatineo – apresentação empresarial</b> <i>Fabio Bittencourt</i></p>



16h00	<b>MESA REDONDA "O Cadastro em Portugal: Presente e Futuro"</b> Moderador: Professor <b>Fernando Gil</b> (NOVA IMS) <b>Ana Cristina Bordalo</b> Direção-Geral do Território <b>André Carvalho</b> The Navigator Company <b>Armando Oliveira</b> Ordem dos Solicitadores e dos Agentes de Execução <b>João Paulo Hespanha</b> Universidade de Aveiro <b>Madalena Grade</b> Instituto dos Registos e Notariado <b>Virgínia Manta</b> Câmara Municipal de Coimbra
-------	---

### 13 DE MAIO - 6ª feira

09h30	Registo
10h00	<b>SESSÃO TÉCNICA 3</b> Moderador: <i>Professora Luísa Pereira</i> (ESTGA-UA) <b>Classificação de Imagens de Satélite Multitemporais Baseada em Objetos e Apuramento Semiautomático de Limiares de Corte</b> <i>Ângela Barbosa, Dora Roque, Ana Maria Fonseca e Jorge Rocha</i> <b>Avaliação da Qualidade e Adequabilidade de MDS obtidos por drones low-cost na Monitorização topográfica de Dunas Primárias</b> <i>Gil R. Gonçalves, Diogo Duarte, J. A. Pérez, Alan D.J. Atkinson, Manuel Sánchez - Fernández e João Duarte</i> <b>Modelação espacial do potencial de exploração apícola utilizando software Open Source</b> <i>Natália Roque, Paulo Fernandez e Ofélia Anjos</i> <b>Otimização de circuitos de inspeção de pavimentos: aplicação à rede rodoviária nacional</b> <i>Alexandre Gonçalves, Marta Gomes e Filipe Gomes</i>
	Intervalo para café
11h30	<b>SESSÃO TÉCNICA 4</b> Moderador: <i>Professor Miguel Baio</i> (ESTBarreiro/IPS) <b>MONitoring of HABitats at the level of a NATura 2000 site – ‘MOHANA’ mobile and web app</b> <i>Francisco Gutierres</i> <b>Cartografia temática para apoio ao turismo associado ao pedestrianismo – estudo de caso de S. Vicente</b> <i>Ricardo Gomes e Luísa M.S. Gonçalves</i> <b>A informação geográfica no processo de planeamento da rede ciclável do Barreiro</b> <i>João Lopes e Milton Gomes</i> <b>Sistemas multiagentes para a modelação e simulação de alterações do uso e ocupação do solo</b> <i>Eduardo Gomes, Patrícia Abrantes, Jorge Rocha, Inês Fontes e Arnaud Banos</i> <b>Projeto Nós Propomos!: a mobilização dos alunos na resolução dos problemas da comunidade</b> <i>Rui Santos, Sérgio Claudino, Carlos Gonçalves, Miguel Padeiro, Pedro Guimarães e Ricardo Garcia</i>
	Encerramento da Conferência
14h30	<b>Workshop DGT: Criação de serviços de dados geográficos com software open source: serviços INSPIRE de visualização WMS e de descarregamento WFS.</b> Workshop ministrado por Danilo Furtado (DGT)

# CONFERÊNCIA NACIONAL DE GEODECISÃO

12/13  
maio  
2016

Instituto Politécnico  
de Setúbal  
ESCOLA SUPERIOR  
DE TECNOLOGIA  
DO BARREIRO



## Organização:



## Apoio:



## Patrocinadores:





