Deteção de Espécies de Plantas em Ambiente Dunar

Carolina RODRIGUES[1], Paula REDWEIK[1], Sara LOBO DIAS[2], Cristina BRANQUINHO[2], Joaquin HORTAL[2,3]

[1] Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa (Portugal)
[2] Centro de Ecologia, Evolução e Alterações Ambientais, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa (Portugal)
[3] Departamento de Biogeografia y Cambio Global, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid (Espanha)

(chrodrigues@fc.ul.pt)

Palavras-chave: UAV, Dunas, Deteção remota, vegetação

Resumo: Os ecossistemas dunares constituem instáveis áreas de transição entre os domínios continental e marinho e são muito dinâmicos, frágeis e complexos, estando sujeitos a uma acentuada erosão. Portugal possui uma ampla distribuição geográfica destes sistemas, ao longo da sua costa. O estudo do estado e vulnerabilidade dos ecossistemas dunares torna-se essencial para uma boa gestão de estratégias de conservação e de monitorização, uma vez que a vegetação desempenha um papel essencial nestes sistemas, ajudando a consolidar a duna e minimizando o efeito de tempestades sobre pessoas e bens, o que se torna relevante num contexto de alterações climáticas.

Pretende-se com este trabalho apresentar uma metodologia que permita detetar automaticamente espécies de vegetação presentes nos sistemas dunares do litoral português, com foco no zimbro (*Juniperus turbinata* subsp*. turbinata*) e na camarinha (*Corema album*), duas espécies muito comuns na costa portuguesa e com dimensões consideráveis.

Foram adquiridas imagens RGB (*red, green, blue*) com uma resolução de 3 cm e imagens multiespectrais, com as bandas Verde, Vermelho, Red Edge e NIR, e com uma resolução de 12 cm, com recurso a um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), ou *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), a partir das quais foram criados ortomosaicos.

A partir do cálculo e da interpretação do índice de vegetação normalizado (NDVI- *Normalized Difference Vegetation Index*) e da aplicação de algoritmos de processamento digital de imagem, foi feita uma classificação que permite distinguir as espécies.

1. Introdução

As linhas costeiras representam ambientes naturais dinâmicos onde ocorrem, e interagem entre si, uma série de processos geomorfológicos e biológicos, bem como diversas atividades humanas. Os sistemas dunares são locais particularmente adequados para estudar ecologia das plantas (Cakan *et al*., 2011) pois representam um ambiente muito específico para a vegetação devido à influência da ação mecânica do vento e do oceano, da salinidade do solo e do ar, da instabilidade dos sedimentos e da deficiente disponibilidade de água e de nutrientes. Devido a estes fatores, a localização da vegetação em ecossistemas de dunas bem preservados está fortemente relacionada com as características geomorfológicas e sedimentológicas destes sistemas (Acosta *et al*., 2007). Por outro lado, a vegetação é um importante fator no controlo da morfologia da duna, uma vez que condiciona o movimento de areias.

Sendo as dunas meios de difícil sobrevivência, as plantas que lá existem sofreram adaptações de natureza morfológica, anatómica e fisiológica. Devido a esta interdependência entre os tipos de comunidade e o meio ambiente, as análises ao zoneamento da vegetação que cresce em ecossistemas de dunas só podem ser adequadamente compreendidas se forem tratadas como um todo (Acosta *et al*.,2007).

Uma melhor compreensão dos efeitos das perturbações induzidas na morfologia das dunas e nas comunidades vegetais nela presentes deverá fornecer uma contribuição significativa para a ecologia e a conservação dos ecossistemas costeiros, que desempenham um papel importante tanto a nível ambiental, como a nível de proteção de pessoas e bens.

Os UAV oferecem uma oportunidade única para o estudo de ecossistemas dunares, devido à sua capacidade de adquirir rapidamente imagens de grande resolução espacial e temporal, numa vasta área e a baixo custo, com a possibilidade de adicionar sensores adequados à tarefa.

Neste contexto, é apresentada uma metodologia para o reconhecimento de duas espécies muito comuns nos sistemas dunares do litoral português: zimbro (*Juniperus turbinata* subsp. *turbinata*) e camarinha (*Corema album*). A distribuição geográfica das duas espécies, em Portugal continental, é apresentada na Figura 1. Neste documento são apresentados os resultados relativos às dunas da praia do Pego (Carvalhal, concelho de Grândola), mas o método será aplicado numa maior extensão de dunas do litoral português.

Figura 1 - Distribuição geográfica e exemplar de zimbro (*Juniperus turbinata* subsp. *turbinata*), à esquerda e camarinha (*Corema album*), à direita, em Portugal Continental (Carapeto *et al*., 2018 e Araújo *et al*., 2018 e Pereira, 2018)

2. Metodologia

2.1 Dados

Para a realização deste estudo foram fornecidos ortofotomapas e respetivos Modelos Digitais de Superfície (MDS) gerados a partir de imagens RGB, obtidas com a câmara *Sony A5100,* e com resolução de 3 cm e ortofotomapas gerados a partir de imagens multiespectrais, obtidas com o sensor *Parrot Sequoia*, que capta informação nos comprimentos de onda das bandas

NIR, Red Edge, R e G e com resolução de 12 cm. As imagens foram obtidas com UAV de asa fixa entre outubro e novembro de 2017, com voos de grelha simples e sobreposições transversal e longitudinal de 70% e 80%, respetivamente. A altura de voo dos voos foi de 120 m.

Todos os dados de orientação foram recolhidos no sistema de coordenadas ETRS89/PT-TM06 (*European Terrestrial Reference System 1989/Portugal Transverse Mercator 2006*).

A área selecionada para este estudo abrange parte das dunas da praia do Pego (Carvalhal) (Figura 2).

Figura 2- Área de estudo

2.2 Descrição das espécies e do método seguido

A metodologia seguida para o reconhecimento das espécies é apresentada na Figura 3.

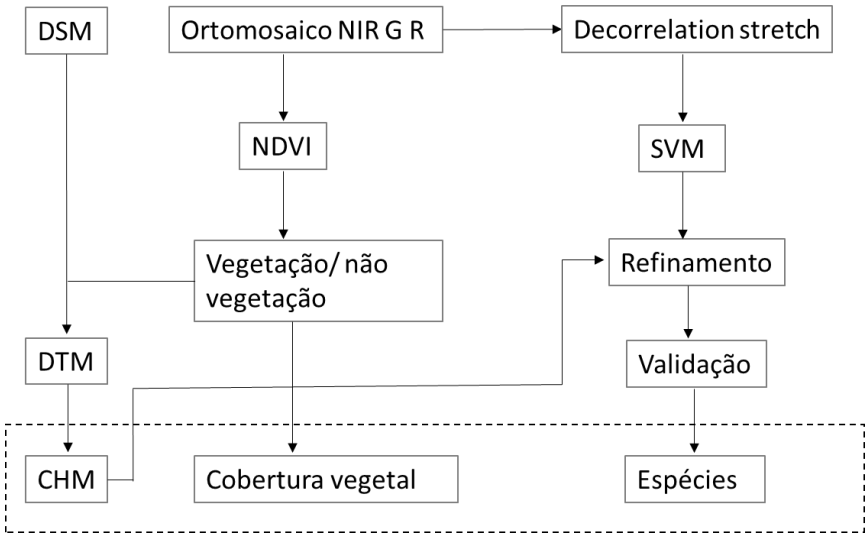

Figura 3- Metodologia

O método proposto é capaz de reconhecer zimbros, camarinhas e pinheiros mansos. Fazem parte da flora constituinte da região, outras espécies de tamanho mais reduzido e por isso mais difíceis de serem reconhecidas nos ortofotomapas.

Tanto os zimbros, como camarinhas são arbustos, podendo o zimbro assumir um porte arbóreo em locais mais abrigados. Os primeiros têm em média 1,5 metros de altura e os segundos podem ter até 1 metro de altura. Apesar de apresentarem uma resposta espectral muito parecida e de, por isso não serem facilmente distinguíveis através do NDVI, podem ser facilmente reconhecidos no ortofotomapa RGB, devido às suas diferenças de textura.

O método proposto é composto por três etapas: identificação de vegetação, de onde se pode extrair a percentagem de cobertura vegetal, cálculo do CHM (Canopy Height Model- Modelo de Altura do Copado) e reconhecimento de espécies na imagem.

2.3.1 – Cobertura vegetal

Numa primeira etapa foram calculados os valores de NDVI do ortofotomosaico (equação 1) para que fosse possível identificar a vegetação na imagem. Considerou-se que a vegetação teria um valor de NDVI superior a 0. Este valor não está tabelado. Dadas as características da vegetação no ambiente de estudo, este foi o valor com que melhor se distingue a vegetação de outros elementos.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \tag{1}$$

A cobertura vegetal foi calculada pela equação 2, na qual a área de vegetação foi obtida pelo produto entre o número de *pixels* identificados como vegetação e a área total de um *pixel*, que é dada por GSD^2 (Ground Sample Distance- tamanho do pixel no terreno). A área total é dada pelo produto entre o número total de *pixels* da área de estudo e GSD^2. Estima-se que a percentagem de cobertura vegetal para a área considerada é de 17%.

$$\%veg = \frac{área\ vegetação}{área\ total} \times 100 \tag{2}$$

2.3.2 – Canopy height *model*

Removendo a vegetação do DSM e realizando uma interpolação pelo método *kriging* (Fernandes *et al*., 2017) obtém-se o DTM (*Digital Terrain Model- Modelo Ditigal de Terreno*). O interpolador *kriging* estima o valor do DTM tendo em conta a distância à sua vizinhança. Este método apresenta resultados fiéis para áreas com vegetação esparsa, como é o caso de ambientes dunares, mas em zonas com vegetação densa, a sua fidedignidade fica comprometida. O CHM foi calculado pela diferença entre o DSM e o DTM e dá-nos a altura dos arbustos e das árvores relativamente ao solo.

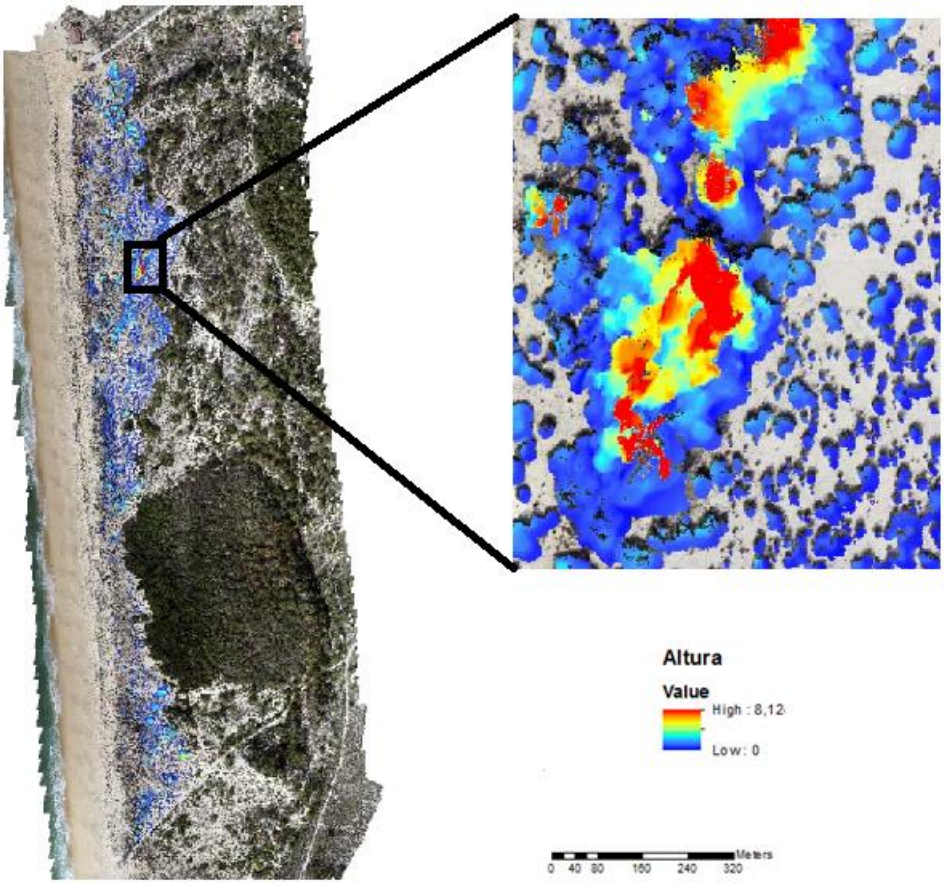

Figura 4- *Canopy height model*

2.3.2 – Reconhecimento de espécies

Para proceder ao reconhecimento de espécies, foi aplicado o algoritmo *Decorrelation Stretch* (DS), explicado em detalhe em Cambell (1996), ao ortomosaico NIR G R. Este algoritmo descorrelaciona as cores, tornando a matriz de covariâncias diagonal e, de seguida, é feita a equalização do histograma de cada uma das bandas da imagem, aumentando o contraste.

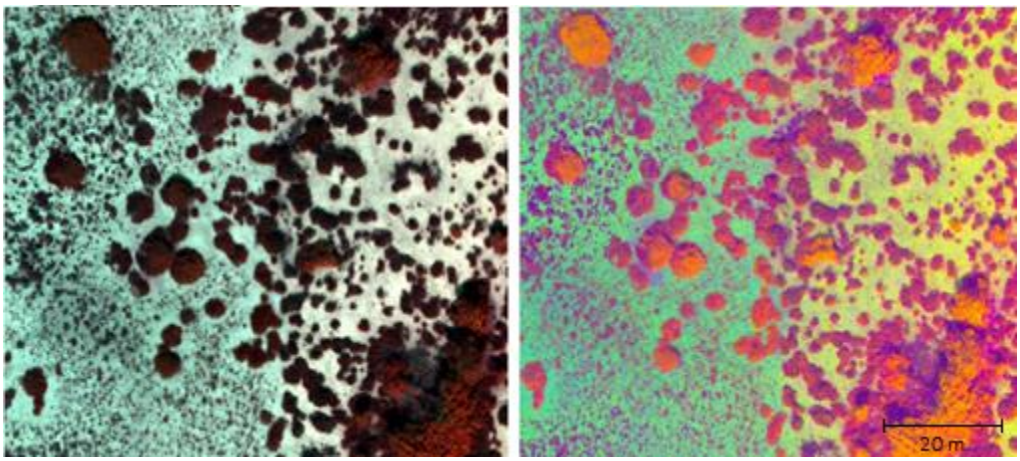

Figura 5- Parte do ortomosaico NIR G R, à esquerda, e a mesma imagem, após aplicação do DS, à direita

De seguida, foi feita uma classificação sobre a imagem resultante do DS, com recurso ao método SVM (*Support Vector Machine*), explicado detalhadamente em Nascimento *et al*. (2009). A segmentação da imagem em objetos foi feita tendo em conta parâmetros espectrais (média, mínimo, máximo e desvio padrão), de textura (alcance, média, variância e entropia) e de geometria (área, comprimento, compacidade e circularidade). Tanto o algoritmo DS como o SVM foram aplicados no *software* ENVI (Harris Geospatial Solutions, 2018).

Para aprimorar os resultados, foi feita uma análise no *software* Arcgis (ESRI, 2018), para detetar e corrigir possíveis objetos mal classificados. Definiram-se as seguintes regras:

- Camarinhas têm de ter menos de 1 metro de altura; senão, passam a ser classificadas como zimbros.
- Zimbros têm de ter menos de 1,5 metros de altura; senão, passam a ser classificados como pinheiros e devem ocupar uma área de pelo menos 10 *pixels* (0,144 m^2), senão, passam a ser classificados como pinheiros ou camarinhas, dependendo da vizinhança.
- Pinheiros devem ocupar uma área de pelo menos 10 *pixels* (0,144 m^2); senão, passam a ser classificados como a maior vizinhança.

2.3.2 – Validação e análise de resultados

Para validar os resultados obtidos da classificação, foram definidas três áreas retangulares, de 60 m x 50 m, nas quais se identificaram, interativamente, todos os elementos e respetivas espécies. O critério de seleção das áreas foi conterem a maior diversidade de espécies e estágios de vida possível e, simultaneamente, a melhor representatividade possível da área de estudo. As amostras foram identificadas com o auxílio do ortofotomapa RGB.

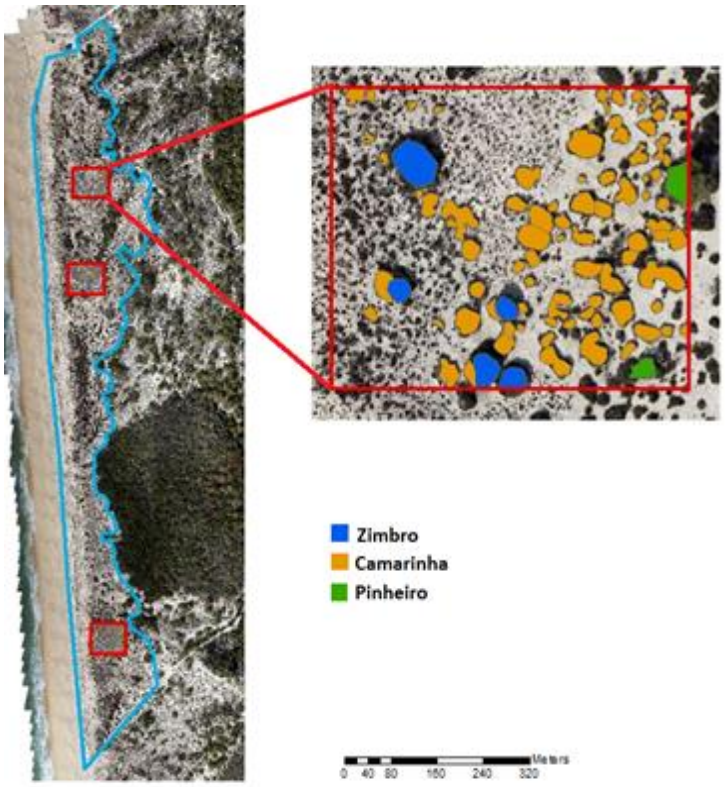

Figura 6- Amostras para validação

Tabela 1- Matriz de confusão

classe	camarinha	zimbro	pinheiro	EU (%)
camarinha	1286,28	86,04	13,92	92,79%
zimbro	24,50	195,10	53,34	71,48%
pinheiro	13,86	1,30	59,93	79,81%
EP (%)	97,10%	69,08%	47,12%	

Baseado na classificação automática nas áreas de estudo, a exatidão global da classificação é de 88,7% e o índice Kappa calculado é de 68,8%. Segundo alguns autores, tais como Congalton (1991) e Pereira et al. (2011), o índice Kappa é melhor para analisar o desempenho do classificador do que a exatidão global. A exatidão do produtor (EP) indica a probabilidade de a amostra ser classificada corretamente e a exatidão do utilizador (EU) indica a probabilidade que um pixel classificado na imagem tem de representar aquela categoria no campo (Conalgton, 1991). Pela matriz de confusão, apresentada na Tabela 1, verifica-se que as camarinhas são a espécie que teve uma maior taxa de sucesso. Os pinheiros são a espécie que mais se confundiu com outras, o que pode ser justificado pela sua heterogeneidade de texturas e cor e por existirem muitos elementos desta espécie com baixas alturas. Muitas vezes, troncos e ramos de pinheiros foram confundidos com camarinhas, por apresentar uma cor mais escura. Nas zonas de sombra, os pinheiros confundem-se com zimbros e nem sempre, na fase de aprimoramento da classificação, estes erros foram detetados. Ainda assim, os indicadores estatísticos mostram que os resultados são satisfatórios.

3. Conclusões

Os UAV são uma boa ferramenta para o estudo da ecologia das plantas e conservação dos ecossistemas costeiros, uma vez que permitem recolher dados da cobertura total da área a estudar, de forma bastante rápida e económica.

Os resultados obtidos neste estudo são bastante promissores, mostrando que, com recurso a algoritmos de processamento digital de imagem é possível descriminar espécies automaticamente, que numa primeira análise não seriam tão fáceis de identificar. Porém, há ainda alguns aspetos a melhorar, principalmente a nível de otimização de software, de forma a diminuir o tempo de processamento, e a nível dos algoritmos de classificação de imagens ainda há muito a ser desenvolvido, nomeadamente para a classificação de mais espécies deste ambiente.

Agradecimentos

Este estudo foi desenvolvido no âmbito do projeto UNITED, financiado pelo CSIC (Espanha), e foi co-financiado pelo projeto TROANTE (MDN) e pelo projeto IDL (FCT-UID/GEO/50019/2013).

Referências Bibliográficas

Acosta A., Ercole S., Stanisci A., Pillar V. D. P., Blasi C. (2007) Coastal vegetation zonation and dune morphology in some Mediterranean Ecosystems. J Coast Res 23:1518–1524

Araújo P. V., Carapeto A., Clamote F., Porto M., Gomes C. T., Holyoak D. T., Pereira A. J., Almeida J. D., et al. (2018). Corema album (L.) D.Don - mapa de distribuição. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botânica. http://www.flora-on.pt/#wCorema+album. Consulta realizada em 17/07/2018

Baena S., Moat J., Whaley O., Boyd D. S. (2017) Identifying species from the air: UAVs and the very high resolution challenge for plant conservation. PLoS ONE 12(11): e0188714. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188714. Consulta realizada em 17/07/2018

Cakan H., Yilmaz K. T., Alphan A., Unlukaplan Y. (2011) The classification and assessment of vegetation for monitoring coastal sand dune succession: the case of Tuzla in Adana, Turkey. Turk J Bot 35(6):697–711

Cambell, N.: The decorrelation stretch transformation. Int. J. Remote Sensing 17, 1939– 1949 (1996)

Carapeto, A., Pereira A. J., Porto M., Araújo P. V., Schwarzer U., Gomes C. T., Marabuto E. et al. (2018) Juniperus turbinata Guss. Subsp. Turbinata – mapa de distribuição. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botância, http://www.flora-on.pt/#wJuniperus+turbinata+subsp.+turbinata. Consulta realizada em 17/07/2018

Congalton, R.G. (1991) A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, v. 37, n. 1, p. 35-46, 1991

ESRI, http://www.arcgis.com/index.html, consultado em 26 de Julho de 2018

Fernandes, V. J. M.; Martins E. F. O., Poz A. P. D., Imai N. N. (2017) Laser point cloud filtering for DTM generation using kriging. Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 23, no1, p.196 - 212, jan - mar, 2017

Harris Geospatial Solutions, https://www.harrisgeospatial.com/SoftwareTechnology/ENVI.aspx, consultado em 26 de Julho de 2018

Nascimento, R. F. F.; Alcântara, E. H.; Kampel, M.; Stech, J. L.; Novo, E. M. L. M.; Fonseca, L. M. G. (2009) O Algoritmo Support Vector Machines (SVM): Avaliação da Separação Ótima de Classes em Imagens; CCD-CBERS-2. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal, Brasil. Anais... São José dos Campos: INPE. p. 2079- 2086.2009

Pereira A. J. (2018). Juniperus turbinata subsp. turbinata. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botânica. http://flora-on.pt/#/hSkoB. Consulta realizada em 3/10/2018

Pereira A. J. (2018). Corema album subsp. turbinata. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botânica. http://flora-on.pt/#/h1NDi. Consulta realizada em 3/10/2018

Puijenbroek, M. E. B.; Nolet, C.; Groot, A. V.; Suomalainen, J. M.; Riksen, M. J. P. M.; Frank Berendse; Juul Limpens (2017). Exploring the contributions of vegetation and dune size to early dune development using unmanned aerial vehicle (UAV) imaging. Biogeosciences, 14, 5533–5549, 2017