

Monitorização do processo vitícola na região do Alto-Douro Vinhateiro com recurso a UAVs

Monitoring of the viticulture process using UAVs at Alto Douro Vinhateiro Region

José Miguel Campos^a

Bruno Oliveira^a

João Satiro^a

Francisco Câmara^a

João Oliveira^a

João Araújo^a

Carlos Posse^a

^a *Spin.Works SA, info@spinworks.pt*

ABSTRACT

Este resumo descreve a utilização de tecnologias UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) aplicadas à gestão e optimização dos processos vitícolas com enfoque na Região do Alto Douro Vinhateiro (ADV). Uma das principais vantagens deste tipo de sistemas é a capacidade de recolha de imagens de alta resolução em diferentes bandas do espectro electromagnético. As imagens são posteriormente combinadas através de um processo fotogramétrico do qual resultam diferentes *outputs* que representam a superfície com elevado rigor gráfico e geométrico. Nesta perspectiva, o objectivo do estudo foi a concepção e implementação de um *workflow* para o processamento destas imagens e o fornecimento de *data products* com duas finalidades: obtenção de mapas NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) ao nível da planta e de modelos digitais de terreno (DTM) para computação de modelos de instabilidade de vertentes. Por

definição, o índice NDVI infere sobre o vigor vegetativo das plantas. A particularização deste índice por indivíduo – baseada em técnicas de segmentação aplicadas aos *outputs* – consiste na separação entre a planta e o solo circundante. Este passo acompanha os princípios da agricultura de precisão e abre caminho a estudos alargados de monitorização e produtividade, possibilitando uma actuação mais atempada e objetiva ao longo dos estados fenológicos da vinha. Num processo paralelo, os modelos de superfície são processados e filtrados para se obter o DTM, provendo os estudos sobre instabilidade de vertentes com modelos altimétricos de elevada resolução, em zonas de relevo muito variado e com terraceamento como as que caracterizam a Região do ADV.

Palavras-chave: Viticultura de precisão; segmentação; ndvi; modelo digital de terreno; uav

Keywords: Precision viticulture; segmentation; ndvi; digital terrain model; uav

INTRODUÇÃO

A detecção remota tem vindo a ser usada no sector agrícola durante as últimas décadas e tornou-se numa ferramenta fundamental para a monitorização e gestão de culturas. A partir de imagens capturadas em diferentes bandas do espectro electromagnético é possível calcular um conjunto de índices de vegetação que nos permitem avaliar a densidade relativa e o vigor vegetativo das plantas (USGS). Essencialmente baseada em imagens de satélite, a detecção remota para fins agrícolas ganhou relevância nos últimos anos com a captação de imagens de alta resolução, a preços competitivos, através de sistemas UAV. Outro factor que potencia a utilização destes sistemas é a facilidade de deployment e os consequentes ganhos na periodicidade da operação. Estas vantagens são tanto mais relevantes quando direccionados para culturas muito dinâmicas e de valor acrescentado como é o caso da viticultura.

O NDVI é um dos índices de vegetação mais comuns e varia num intervalo de valores compreendido entre -1 e 1, onde os valores inferiores a 0.1 representam zonas rochosas, areia ou neve, valores entre 0.2 e 0.3 sugerem a existência de cobertura vegetal rasteira – arbustos ou pastagens – e valores entre 0.6 e 0.8 indicam zonas de vegetação densa ou culturas no pico de crescimento (John Weier, David Herring, 2000). Vegetação vigorosa devolve altas reflectâncias no infravermelho próximo (NIR) e baixas reflectâncias no vermelho, e é neste pressuposto que o NDVI é calculado, com base na seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{\{NIR-Red\}}{\{NIR+Red\}} \quad (1)$$

Os mapas NDVI calculados a partir de imagens NIR de alta resolução são extremamente ricos em comparação com os obtidos através de imagens de satélite. No entanto, ao mesmo tempo que a melhor resolução nos permite uma análise mais concisa do índice, também é realçada a presença de outros elementos como os caminhos de terra, vegetação rasteira, arvoredos e outros. Quando localizados na proximidade destes elementos, os valores NDVI da vinha acabam por ser facilmente “contaminados”, motivo pelo qual é necessário recorrer à circunscrição da vinha através de um processo de segmentação.

Outra vantagem na utilização de fotografia aérea de alta resolução obtida a partir de UAVs é o facto de podermos gerar modelos digitais de superfície (DSM) – imagens raster georreferenciadas e codificadas com o índice de elevação – com um nível de detalhe extremamente elevado em comparação com modelos obtidos por métodos tradicionais. Na Região do ADV, considerando a topografia do terreno muito variável e de pormenor, esta capacidade tem especial importância no estudo de instabilidade de vertentes. Técnicas de segmentação semelhantes às utilizadas para a vinha foram aplicadas aos modelos de superfície com vista à obtenção do DTM, modelo

conceptualmente igual ao DSM mas onde a vegetação, construções e outros objectos naturais ou artificiais são filtrados e removidos, ficando apenas a modelação à face do terreno (Fig. 1). Estes modelos são utilizados para a geração de



subprodutos de caracterização de bacias hidrológicas que servem de input no cálculo dos modelos de instabilidade (SHALSTAB, Montgomery & Dietrich, 1994).

Fig. 1 - DSM e DTM

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados referidos neste resumo são provenientes do projecto de investigação e desenvolvimento tecnológico – CLOUDMAPPER, durante o qual foram capturadas imagens em cor natural RGB e NIR com recurso a um sistema UAV desenvolvido pela Spin.Works, composto por um *drone* de asa fixa S20 e uma estação de solo. Os voos foram realizados nas imediações da localidade do Pinhão, com incidência na Quinta do Bomfim (Symington Family Estates) e na Quinta das Carvalhas (Real Companhia Velha). Foram usadas câmaras RGB convencionais com um sensor de 12.1 MP de resolução a uma distância focal de 24mm (equivalência a 35mm). Uma destas câmaras foi modificada de modo a bloquear o canal vermelho e permitir a medição do NIR.

1. Planeamento e execução da missão

O planeamento de missão engloba duas componentes: a primeira depende da especificidade dos dados a recolher e dos *outputs* a produzir; a segunda refere-se ao enquadramento e execução da missão. Primeiro é necessário delimitar as áreas a sobrevoar e definir a resolução espacial pretendida (*Ground Sampling*

Distance, i.e., GSD), sendo que a resolução está directamente relacionada com o perfil de altitudes voadas. Neste estudo os voos foram planeados para uma altitude programada de 100m AGL (*above ground level*) que corresponde a uma resolução <5cm/pixel. O plano de voo (Fig. 2) é executado em modo *terrain following* o que significa que o *drone* acompanha a topografia do terreno procurando-se que a resolução das imagens recolhidas seja mantida ao longo do voo tanto quanto possível. O plano de voo prevê ainda que as imagens tenham uma sobreposição lateral mínima de 60% e longitudinal de 80%.

A execução da missão envolve a escolha do local base para a operação e a avaliação dos condicionalismos físicos e legais que possam afectar a área onde decorrerá o voo (Fig. 2). Todos estes procedimentos são tipicamente programados em antecedência, mas podem ser feitos *in loco*.



Fig. 2 - Plano de voo e perfil de voo executado Fig. 3 - Drone S20 no local de operação

2. Processamento dos dados e *Outputs*

Ao mesmo tempo que são capturadas as imagens, são também registadas a sua posição e orientação através do sistema de navegação a bordo do *drone*. Com esta informação, as imagens são submetidas a um processamento fotogramétrico baseado na técnica de *Structure-from-motion* (SFM), durante o qual é feita a identificação de *features* comuns entre imagens sobrepostas e é

gerada uma nuvem de pontos com coordenadas XYZ, que representam com elevado grau de detalhe a modelação da superfície sobrevoada. A partir desta nuvem de pontos é interpolado o DSM (Fig. 4). Com base na informação do DSM, as imagens são ortorectificadas, i.e., são corrigidas das distorções provocadas pelos efeitos de perspectiva e pelo relevo, e são sobrepostas sequencialmente para formar um ortomosaico completo da área sobrevoada. Este processo é efectuado tanto para as imagens RGB (Fig. 5) como para as imagens NIR (Fig. 6).

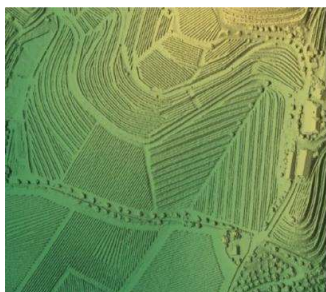


Fig. 4 – DSM

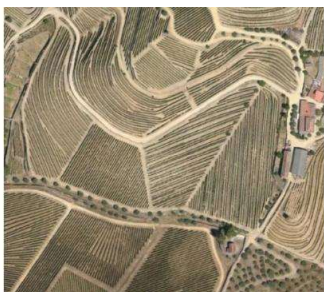


Fig. 5 - Ortomosaico RGB



Fig. 6 - Ortomosaico NIR

3. Data products

Os processos de segmentação utilizados neste caso baseiam-se essencialmente na análise da frequência e na aplicação de filtros morfológicos sobre o DSM para detecção de variações bruscas na superfície. Nalguns casos os produtos daqui obtidos foram aperfeiçoados com base em limiares de cor, com informação das imagens RGB e NIR. Conhecida a variabilidade topográfica inerente à cultura da vinha na Região do ADV este procedimento foi aplicado ao nível da parcela de vinha, para permitir iterações

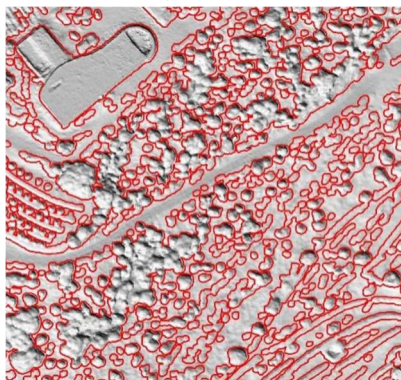


Fig. 7 - Segmentação sobre o DSM

mais rápidas e reduzir a probabilidade de falsos positivos.

A Spin.Works desenvolveu uma aplicação de software que integra estes processos, com a possibilidade de ajustar os parâmetros de cada filtro, dependendo do tipo e da dimensão da vegetação que se pretende segmentar. Deste procedimento obtém-se uma máscara que delimita os bardos de vinha, permitindo que estes sejam isolados no mapa NDVI (Fig. 8) ou noutros *data products*. A partir desta máscara derivaram-se as linhas de orientação de cada bardo e individualizaram-se as plantas. A particularização do NDVI por indivíduo foi depois calculada considerando apenas os valores dos píxeis pertencentes a cada planta (Fig. 9).

Aplicando as mesmas metodologias, tentámos padronizar os parâmetros da segmentação de acordo com os elementos a filtrar (vegetação, arvoredo, construções, etc.) e foram geradas máscaras para áreas maiores (Fig. 7), que foram conjugadas no intuito de se obter um DTM completo para uma bacia.

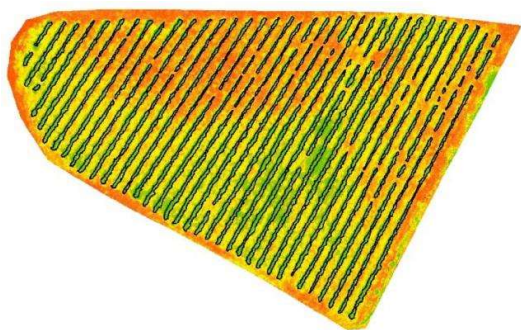


Fig. 8 – Vinha isolada sobre o NDVI



Fig. 9 – NDVI por planta

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em áreas onde os elementos físicos à superfície são idênticos, a geração das máscaras devolveu bons resultados. Com algumas iterações é possível isolar os bardos de vinha; em parcelas com características físicas comuns, usando os mesmos parâmetros de segmentação, obtêm-se resultados da mesma qualidade.

Com esta informação discriminada ao nível da planta foi criado um *plugin* de zonamento que permite ao utilizador agrupar as plantas por grupos de NDVI, tornando a interpretação do índice mais esclarecedora e funcional (Fig. 10). Além disso, com os bardos de vinha identificados na máscara foi possível quantificar os espaços vazios nos respectivos alinhamentos, e gerar um mapa de falhas com a estimativa de pés de vinha que podem ser reintroduzidos na parcela (Fig. 11).

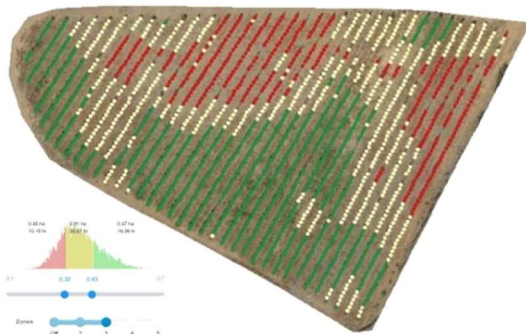


Fig. 10 – Plugin e NDVI por grupos

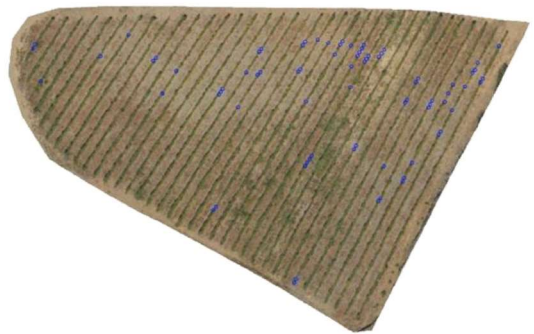


Fig. 11 – Mapa de falhas

Quando existe grande variação dos elementos à superfície (na forma, dimensão e altura) o processo de segmentação revela maior susceptibilidade para falsos positivos, uma vez que os parâmetros de filtragem têm que ser mais folgados. Como consequência, algumas porções do terreno que importa manter acabam por ser filtradas e removidas. Esta situação implica que o modelo seja verificado pontualmente, dificultando a geração dos

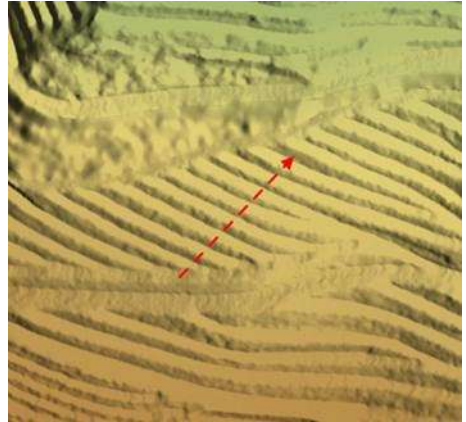


Fig. 12 – DTM

DTM em área mais alargadas de uma forma sistematizada e automática. Uma das situações onde se constatou este tipo de comportamento foi nas zonas de vinha plantada no limite dos taludes: os filtros de segmentação tendiam a remover parte do chão junto ao limite do talude, arredondando a sua forma, perdendo-se assim o efeito de terraceamento.

O exemplo (Fig. 12) ilustra a aplicação dos filtros a uma bacia inteira com supervisão parcial do utilizador. A área em causa respeita a uma zona de terraceamento, onde os bardos estão plantados no limite do terraço. Os efeitos da filtragem são observáveis no perfil traçado à transversal dos terraços (Fig. 13), verificando-se a remoção dos bardos de vinha. Apesar das dificuldades identificadas e da necessidade de alguma interação por parte do utilizador, o procedimento demonstrou potencial e os resultados finais são bastante satisfatórios.

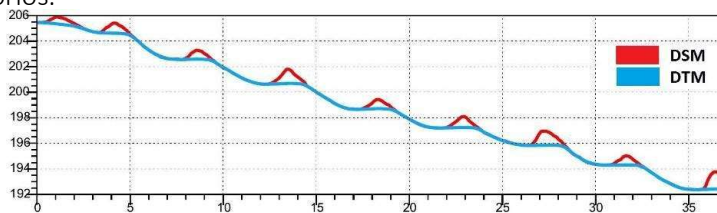


Fig. 13 – Traçado do perfil sobre o DSM e DTM

CONCLUSÃO

O procedimento de segmentação da vinha baseado nas técnicas descritas e aplicado ao nível da parcela revelou-se eficiente, tendo sido possível isolar os bardos e remover os efeitos do chão. Estas técnicas podem ser automatizadas e escaladas à dimensão de herdades ou quintas inteiras, com pequenos *inputs* que definam os tipos de vegetação que se pretende filtrar. A particularização das plantas tornou a interpretação do índice NDVI mais intuitiva e permite no futuro o desenvolvimento de novos métodos de gestão e operacionalização dos processos vitivinícolas.

A filtragem de elementos muito diversificados em áreas grandes e de relevo acidentado (p.e., para obtenção do DTM das bacias) requer a conjugação de filtros adicionais e de alguma supervisão manual. Concluiu-se também que a segmentação aplicada sobre o DSM para a obtenção do DTM pode revelar-se desadequada nalguns cenários. Sendo o DSM um produto interpolado *per si*, há situações em que o



Fig. 14 – Efeitos do DSM

chão é descartado em favor de elementos que lhe estão sobrepostos, p.e., pelas copas das árvores no caso da vegetação (Fig. 14). A partir daqui a reconstituição do chão no DTM acaba por ser descaracterizada. No caso das vinhas plantadas em terraceamento, o facto de partes do chão poderem estar a ser removidas inadvertidamente, contribui para desvirtuar o formato clivoso dos taludes aquando da obtenção do DTM. Por outro lado, em terrenos com relevo suave e detalhe mais reduzido, o facto de o chão ser parcialmente removido não tem implicações graves na obtenção do DTM, uma vez que a reconstituição do chão permite manter a coerência do terreno existente. Com este conhecimento, aplicaram-se técnicas de segmentação directamente à nuvem de pontos – processo que permitiu classificar a nuvem por camadas – e da qual foi gerado

um DTM interpolado exclusivamente a partir de pontos do chão. Esta abordagem revelou-se muito promissora e produziu melhores resultados em comparação com os que se obtiveram com a segmentação do DSM.

A disseminação dos *outputs* e *data products* é feita através de uma plataforma web designada por MAPP – www.mapp.it. Esta plataforma integra um conjunto de ferramentas de visualização e de análise que oferece ao utilizador a possibilidade de manipular dados produzidos ao longo de várias campanhas – de acordo com a sua estratégia de trabalho – permitindo-lhe programar uma multiplicidade de



Fig. 15 – Interface do MAPP

acções em diferentes estágios do desenvolvimento da exploração, como seja antecipar intervenções em zonas atacadas por pragas ou com menor vigor vegetativo, otimizar a colheita selectiva, mitigar e gerir o risco em zonas assinaladas como mais susceptíveis a deslizamentos (Fig. 15).

AGRADECIMENTOS

Os dados, metodologias e resultados referidos neste resumo foram obtidos no âmbito do projecto de I&DT n.º 03495 – CLOUDMAPPER, co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional da União Europeia (FEDER), através do Portugal 2020 (P2020), ao abrigo do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020).

Ao Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa (ISA), à Faculdade de Letras da Universidade do Porto (FLUP), à Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense (ADVID), à Real Companhia Velha e à Symington Family Estates, os nossos agradecimentos pela disponibilidade e pelos contributos que possibilitaram a boa execução do projecto.

REFERÊNCIAS

John Weier, David Herring, NASA (2000). Measuring vegetation (NDVI & EVI) (<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/>) [acedido em 01 de Março de 2017]

Montgomery, D.R., Dietrich, W.E. (1994). A physically-based model for the topographic control on shallow landsliding. *Water Resources Research* 30, 1153 – 1171. *Research* 30, 1153 – 1171.

USGS United States Geological Survey. NDVI, the Foundation for Remote Sensing Phenology (https://phenology.cr.usgs.gov/ndvi_foundation.php) [acedido em 01 de Março de 2017]