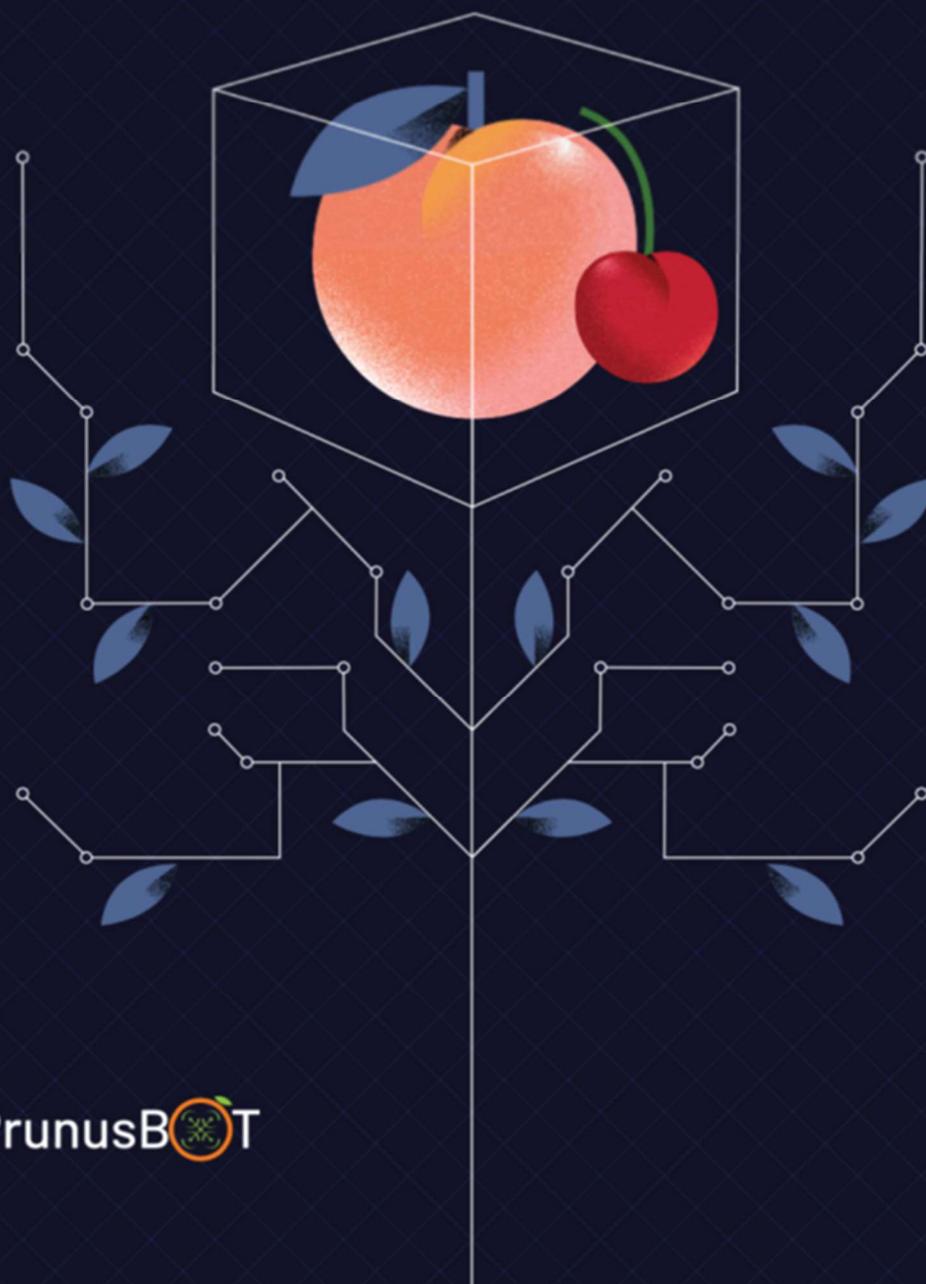


# PrunusBOT

Aplicação da robótica  
à produção de pêsego  
e cereja



**COTHN**  
CENTRO OPERATIVO E TECNOLÓGICO  
HORTOFRUTÍCOLA NACIONAL



PrunusBOT

# **PrunusBOT**

## **Aplicação da robótica à produção de pêssego e cereja**

**Maria Paula Simões**

(COORDENAÇÃO)

VOLUME I

CENTRO OPERATIVO E TECNOLÓGICO HORTOFRUTÍCOLA NACIONAL –  
CENTRO DE COMPETÊNCIAS

## **Ficha Técnica**

**Título:** PrunusBOT – Aplicação da robótica à produção de pêssego e cereja

**Coordenação:** Maria Paula Simões

**Editor:** COTHN-CC – Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional – Centro de Competências

### **Autores e copyright:**

Abel Veloso

Anabela Barateiro

André Veiros

António Ramos

Cristina Canavarro

Cristina Ramos

Dora Ferreira

Eduardo Assunção

Francisco Vieira

Hugo Fonseca

Hugo Proença

João Cunha

José Pedro Simões

Maria Paula Simões

Paulo Silvino

Pedro Dinho Silva

Pedro Dinis Gaspar

Preciosa Fragoso,

Ricardo Mesquita

Sandra Lopes

**Revisão:** Maria Paula Simões

**Design Editorial:** SUPER Brand Consultants

**Tiragem:** 300 exemplares

**Impressão e Acabamento:** Empresa Diário do Porto, Lda.

**Data de Impressão:** Abril de 2022

**Depósito Legal:** 497599/22

**ISBN:** 978-972-8785-21-5

## Capítulo 4

# Deteção de Automática de Copas de Árvores

Eduardo Assunção<sup>1</sup>, Pedro Dinis Gaspar<sup>1,2</sup>, Ricardo Mesquita<sup>1</sup> e Hugo Proença<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>UBI – Universidade da Beira Interior | Departamento de Engenharia Eletromecânica

<sup>2</sup>C-MAST – Center for Mechanical and Aerospace Science and Technologies ()

<sup>3</sup>UBI – Universidade da Beira Interior | Departamento de Ciências da Computação

<sup>4</sup>UBI – Universidade da Beira Interior | Instituto de Telecomunicações

### 4.1 Introdução

A avaliação do tamanho das copas das árvores é um instrumento para avaliar o desempenho individual de cada planta. O tamanho da copa está relacionado com o vigor, e, como tal, com a capacidade produtiva, que, por sua vez, requer diferentes necessidades de água e de fertilizantes (LQARS, 2006). A capacidade produtiva das plantas e as operações culturais a que está sujeita, nomeadamente monda de frutos, fertilização e proteção fitossanitária (Ferreira et al., 2017; LQARS, 2006; MADRP, 1997; Simões, 2021; Barateiro et al., 2021) determinam o rendimento de produção. Com veículos aéreos não tripulados e câmaras minimizadas de alta resolução é possível estimar o tamanho das copas das árvores usando imagens e modelos de visão computacional. Nesse

trabalho, sugerimos uma metodologia para detecção de copas de árvores que tem como base a aprendizagem profunda convolucional (CNN) (*Convolutional Neural Network*), nomeadamente, Mask R-CNN.

A literatura mostra alguns trabalhos realizados neste campo. Usando vários conjuntos de dados e o modelo de aprendizagem profunda U-Net, Kattenborn et al. (2019) testaram uma segmentação em imagens RGB de alta resolução baseadas em UAV para mapeamento fino de espécies de vegetação e comunidades com pelo menos 84% de precisão.

Zhao et al. (2018) criaram um conjunto de dados de árvores (romãzeiras) como auxílio de uma câmara comercial e um UAV a voar a 30 metros acima do solo. Em seguida, treinaram e testaram dois métodos baseados em rede convolucional, U-Net e Mask R-CNN, usando esse conjunto de dados. Por fim, compararam seus desempenhos com as imagens aéreas do conjunto de dados de romãzeiras.

Anagnostis et al. (2021) propõe uma abordagem para a segmentação de árvores de pomar usando imagens aéreas baseada em uma variante de rede neural convolucional de aprendizado profundo, a rede U-Net. O objetivo foi a detecção automatizada e localização da copa das árvores de pomar sob várias condições. O conjunto de dados implementado foi composto por imagens de três pomares de nogueiras. O modelo mais apurado alcançou 91%, 90% e 87% de precisão para treino, validação e teste, respetivamente.

## **4.2 Materiais e métodos**

### **4.2.1 Modelo de detecção de copas de árvores**

Neste trabalho, para a detecção das copas das árvores, foi usado o modelo Mask R-CNN (He et al., 2017). Esse modelo é baseado em aprendizagem profunda, funcionando em paralelo com a classificação e geração das caixas delimitadoras e criação de máscaras dos objetos de interesse (as copas das árvores).

### 4.2.2 Base de dados

Neste estudo foi criada uma base de dados de imagens, com imagens de pomares de pessegueiro localizados na Beira Interior (Portugal), nomeadamente Ferro, Orjais e Soalheira, compreendendo duas zonas distintas de produção de pêsego, a norte e a sul da serra da Gardunha.

Foi utilizada uma câmara RGB acoplada a um drone para capturar as imagens. A Figura 4.1 ilustra a aquisição das imagens que compõe a base de dados. Essas imagens são manualmente anotadas (delimitação das copas) para serem utilizadas no processo de treino do modelo.

### 4.3 Resultados e discussão

Na Figura 4.2 é apresentada uma imagem de um pomar de pessegueiros.

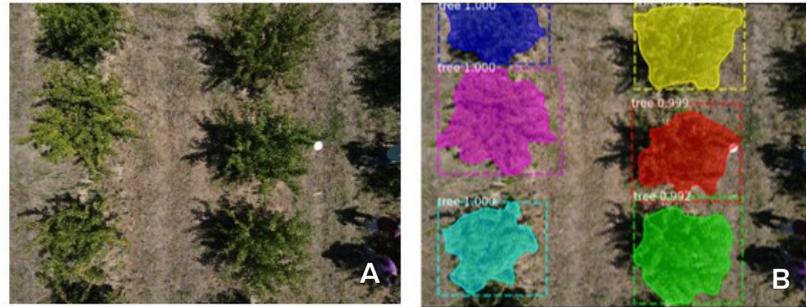


**Figura 4.1** – Exemplo de imagem capturada para composição da base de dados de imagens. **A** – Árvores monitorizadas. **B** – Sinalização utilizada.

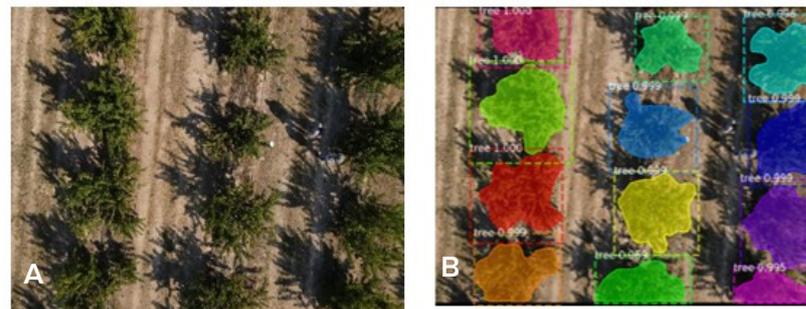
Na imagem, em algumas árvores, pode ver-se um círculo branco, que corresponde ao modo utilizado para sinalização de plantas monitorizadas individualmente. Essa metodologia consiste em colocar uma cana encimada por

um prato e prender essa cana num ramo que esteja na parte superior da copa (Figura 4.1-B). Este é o tipo de imagem utilizado como teste.

Nas Figura 4.2 e 4.3 apresenta-se à esquerda a imagem de visão computacional enquanto, a direita, é apresentado o resultado de saída do sistema de inteligência artificial de detecção e segmentação de copas de árvores. As regiões coloridas são as máscaras que delimitam as regiões de interesse (isto é, as copas).



**Figura 4.2** – Exemplo 1 do resultado do algoritmo de detecção /segmentação Mask R-CNN em uma imagem de teste do pomar de pessegueiros. **A** – Imagem real **B** – Área da projeção da copa.



**Figura 4.3** – Exemplo 2 do resultado do algoritmo de detecção /segmentação Mask R-CNN em uma imagem de teste do pomar de pessegueiros. **A** – Imagem real **B** – Área da projeção da copa.

Com o modelo consegue-se segmentar as copas e os círculos brancos (pratos), obtendo-se assim as áreas (em pixels) das copas e dos círculos. Como a área

do círculo é conhecida, então, por intermédio de uma conversão linear, consegue-se calcular as áreas das copas na unidade  $m^2$ .

A Figura 4.4 mostra o resultado das detecções/segmentações com o objetivo de medir o tamanho das áreas das copas e o Quadro 4.1 apresenta os valores das medições em  $m^2$ .

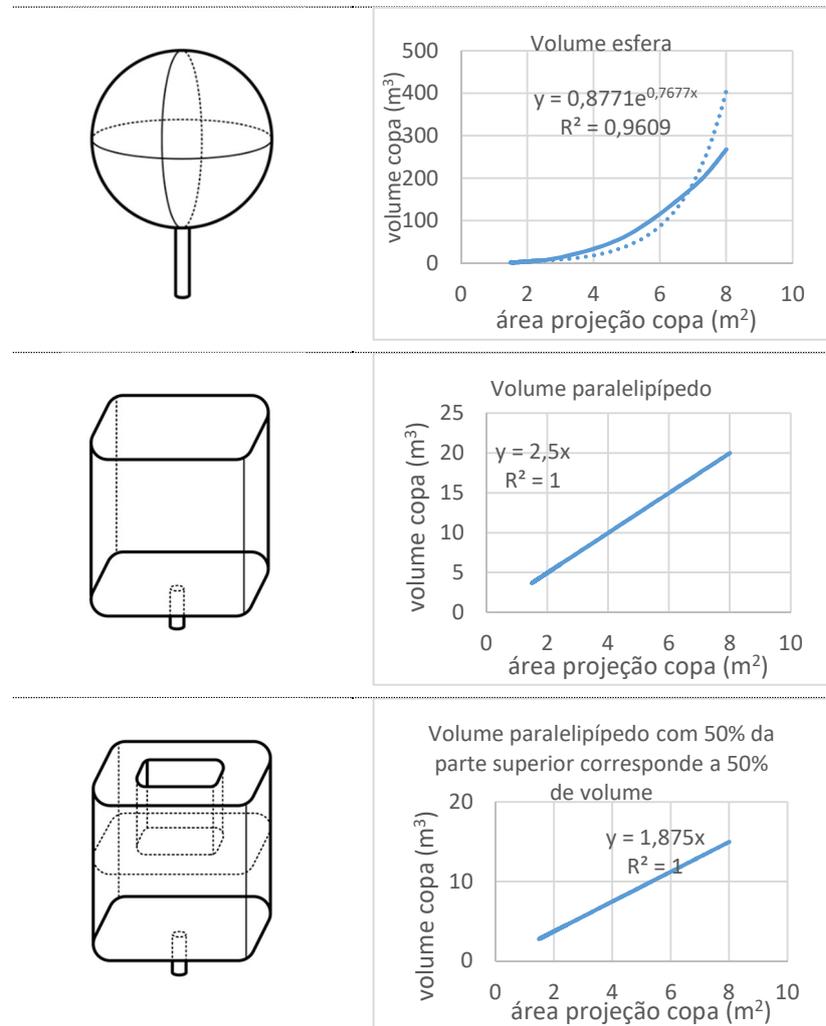


**Figura 4.4**– Exemplo 3 do resultado do algoritmo de detecção /segmentação Mask R-CNN com o objetivo de medir o tamanho das áreas das copas.

Tendo em consideração a determinação da área de projeção da copa pela análise da imagem captada pelo UAV, podemos determinar o volume da copa das árvores. Para tal consideramos que maioritariamente as plantas de um pomar conduzido em vaso apresentam uma altura de 2,5 m. Essa altura é determinada na poda e é comum à maioria dos pomares pois permite que a colheita seja toda feita do chão.

Sabendo a área de projeção da copa e considerando a altura da planta uma constante (neste caso 2,5 m), podemos calcular o volume atribuindo uma forma

à copa das plantas, que pode ser esférica, paralelepédica ou cilíndrica (Figura 4.5).



**Figura 4.5** – Forma da copa e relação entre a área de projeção da copa e o volume, para 3 hipóteses.

Se considerarmos que a forma da copa se assemelha a uma esfera (hipótese 1), o volume será calculado com base no raio médio da área de projeção da copa. Se considerarmos que a copa se desenvolve sobre a linha das plantas, a sua forma será mais paralelepípedica (hipótese 2), o volume será diretamente proporcional à área de projeção da copa uma vez que a altura será uma constante.

Quando as plantas ainda não ocupam integralmente a linha, o volume poderá aproximar-se de um cilindro cuja base será a área de projeção da copa (semelhante à hipótese 2).

Contudo, será ainda de considerar que, se a parte inferior da copa ocupa integralmente o espaço, na parte superior da copa tal não se observa, e há espaços vazios que advêm da forma de condução e do crescimento dos ramos. Assim, podemos estimar que a metade superior da copa corresponde apenas à ocupação de 50% do espaço (hipótese 3).

Com base nas hipóteses formuladas apresenta-se no Quadro 4.1 os volumes de copa obtidos para um dos pomares onde foi realizada a medição da área de projeção da copa.

**Quadro 4.1** – Valores obtidos das medições do tamanho das copas das árvores da Figura 4.4.

Identificação (ID)	Área de projeção (m <sup>2</sup> )	Volume da copa (estimado) (m <sup>3</sup> )		
		hipótese 1 esfera	hipótese 2 paralelepípedo	hipótese 3 75%paralelepípedo
0	2,41	7,3	6,0	4,5
2	2,35	6,8	5,9	4,4
3	2,38	7,1	6,0	4,5
4	1,89	3,5	4,7	3,5
5	2,16	5,3	5,4	4,1
6	1,60	2,1	4,0	3,0
7	1,55	1,9	3,9	2,9
8	1,77	2,9	4,4	3,3
9	1,51	1,8	3,8	2,8
<b>Média</b>	<b>1,96</b>	<b>4,31</b>	<b>4,89</b>	<b>3,67</b>

**Nota:** o volume da copa foi calculado considerando uma altura das plantas de 2,5 m e que metade da altura corresponde a uma ocupação de 100% e a outra metade uma ocupação de 50% do volume. Assim  $V=0,75 \cdot \text{altura} \cdot \text{área de projeção da copa}$

Os volumes diferem bastante, mas, a hipótese 2 e 3, apesar de valores distintos entre si, são múltiplos da área de projeção da copa, pelo que para efeito de avaliação do vigor, poder-se-á utilizar diretamente o valor da área de projeção. Já no caso de se considerar o volume da copa como uma esfera, a relação entre o volume e a área de projeção será uma relação exponencial.

Com base nas técnicas culturais da poda e da poda em verde parece-nos que a forma do volume das copas, de um pomar em plena produção, se assemelha mais a uma forma paralelepípedica, sendo a hipótese 3 a que melhor se ajusta ao modo de crescimento de pessegueiros conduzidos em vaso.

#### **4.4 Considerações finais**

Os resultados visuais mostram o bom desempenho do modelo de deteção/segmentação de copas de árvores. Embora as imagens de teste apresentem sombras das próprias árvores, o que poderia confundir, o modelo consegue uma boa discriminação entre árvores e sombras. Também, pode ser verificado que as máscaras de segmentação são bem precisas na delimitação das copas. Logo, o modelo poder ser considerado muito promissor para utilização em trabalhos de segmentação de copas de árvores.

#### **Agradecimentos**

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto PrunusBOT – Sistema robótico aéreo autónomo de pulverização controlada e previsão de produção frutícola, Operação n.º PDR2020-101-031358 (Líder), Parceria n.º 340 / Iniciativa n.º 140, promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020.

#### **Referências bibliográficas**

Anagnostis, A., Tagarakis, A. C., Kateris, D., Moysiadis, V., Sørensen, C. G., Pearson, S., & Bochtis, D. 2021. Orchard Mapping with Deep Learning Semantic Segmentation. *Sensors*, 21(11), 3813.

- Barateiro, A., Ramos, C., Fragoso, P., Lopes, S., Vieira, F. e Abrantes, A. C. 2021. Monitorização e avaliação da eficácia da captura em massa da mosca do mediterrâneo em pomares de pessegueiro na região da Beira Interior. *Agrotec*, n.º 39: 24-29.
- He, K., Gkioxari, G., Dollár, P., & Girshick, R. 2017. Mask r-cnn. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 2961–2969.
- Ferreira, D., Veloso, A., Gavinhos, C., Barateiro, A., Ramos, C., Vieira, F., Silvino, P. Pedro Jordão, P., Calouro, F. e Simões, M.P. 2017. Monda de Flores – Avaliação da utilização do equipamento Saflower® Electric em pomares de pessegueiro. In Simões, M.P. (coord). +Pêssego – Inovação nas Técnicas de Produção, Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional: 17-60. ISBN 9789728785055.
- Kattenborn, T., Eichel, J., & Fassnacht, F. E. 2019. Convolutional Neural Networks enable efficient, accurate and fine-grained segmentation of plant species and communities from high-resolution UAV imagery. *Scientific Reports*, 9 (1): 1–9.
- LQARS – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, 2006. Manual de fertilização das culturas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.
- MADRP. 1997. Código de Boas Práticas Agrícolas. ISBN 972-8135-32-7.
- Simões, M.P. 2021. Manual de Boas Práticas do pessegueiro. *Revista FL&F*. 10º fascículo: 103-113. [https://www.inia.pt/images/publicacoes/livrosmanuais/manual\\_de\\_fruticultura\\_pessegueiro.pdf](https://www.inia.pt/images/publicacoes/livrosmanuais/manual_de_fruticultura_pessegueiro.pdf)
- Zhao, T., Yang, Y., Niu, H., Wang, D., & Chen, Y. 2018) Comparing U-Net convolutional network with mask R-CNN in the performances of pomegranate tree canopy segmentation. *Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Remote Sensing Technology, Techniques and Applications VII*, 10780, 107801J.