



## Tecnologias de apoio à silvicultura e gestão florestal – a deteção remota

A deteção remota permite obter informação sobre a superfície da Terra sem que os instrumentos usados para recolher os dados estejam em contacto direto com a mesma. Os sensores montados em aviões, veículos aéreos não-tripulados (vulgo drones) e plataformas espaciais são dos mais utilizados para monitorizar, caracterizar e analisar a nossa floresta e outros usos do solo (Fig. 1).

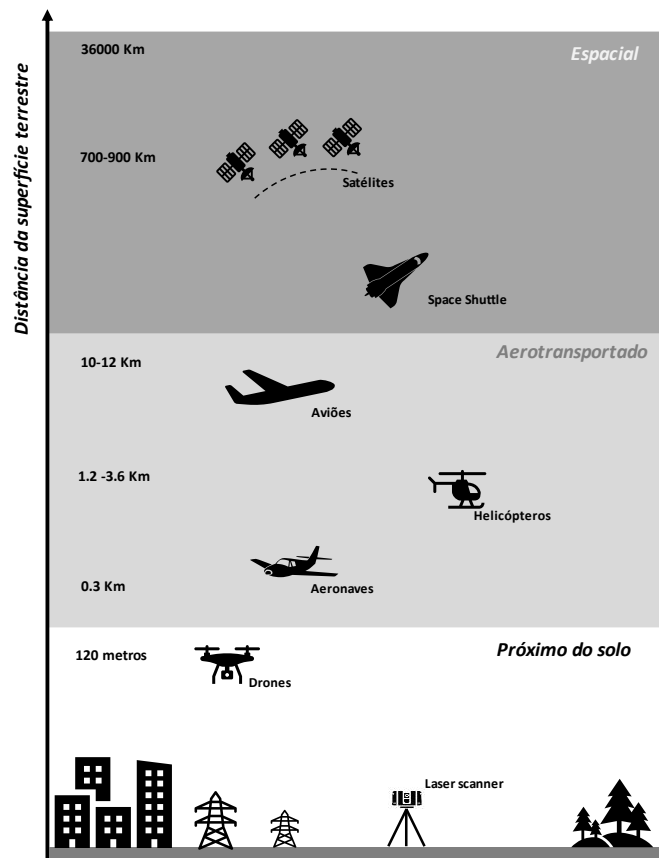


Figura 1. Diferentes tipos de plataformas utilizadas para transportar a variedade existente de sensores (adaptado e modificado de Lechner et al. [1]).

Nos satélites podem ser acoplados sensores do tipo ópticos, de RADAR (*Radio Detection and Ranging*) e do tipo LiDAR (*Light Detection and Ranging*). O mesmo se aplica aos aviões, outras aeronaves e



drones. Para análise da superfície do solo existem também à disposição os sensores laser terrestres designados por TLS (*Terrestrial Laser Scanning*).

### ***Sabia que:***

Os sensores utilizados na deteção remota são capazes de obter informações que a visão humana não pode ver (por exemplo os infra-vermelho próximo e médio). Estes sensores podem ser classificados em passivos e ativos. Enquanto os sensores passivos dependem da luz do sol, os ativos têm a sua própria fonte de energia permitindo operar independentemente das horas do dia e da estação do ano [2].

Os sensores ópticos limitam-se a receber a radiação electromagnética da região do visível e parte do infravermelho próximo. O RADAR é um sistema que, através da radiação eletromagnética da região do micro-ondas, mede o tempo que decorre entre a emissão do pulso e a recepção do seu eco [2]. O LiDAR/*scanner* a laser é uma tecnologia que permite determinar a distância desde um emissor laser até um objeto ou superfície utilizando um feixe laser por impulso, obtendo-se uma nuvem de pontos 3D georreferenciada [3].

### **Qual a mais-valia em utilizar a deteção remota para obter dados sobre a minha floresta?**

A possibilidade de ter uma visão abrangente com imagens de satélite e de aviões permite-nos complementar as recolhas de dados e observações em campo, reduzir custos e obter informação em tempo útil. Os satélites que recolhem imagens a larga escala apresentam uma resolução espacial e temporal indispensável [4] para monitorizar pragas e doenças na floresta, os incêndios rurais, quantificar os serviços do ecossistema, e avaliar os distúrbios causados pelo homem e pelos extremos climáticos.

### ***Sabia que:***

O **Copernicus** é um programa de observação da Terra que foi criado para ajudar a proteger o meio ambiente e para benefício dos cidadãos europeus. Este programa é coordenado e gerido pela Comissão Europeia e oferece serviços baseados na informação de satélites e *in situ*, de forma gratuita e aberta. Esta iniciativa tem permitido obter dados sobre a superfície terrestre à escala global. Consulte a página oficial do programa **Copernicus** [aqui](#).

### **Que informação posso obter através das imagens de satélite?**

É possível acompanhar o desenvolvimento do seu povoamento, detetar e monitorizar as pragas e doenças, espécies invasoras lenhosas, gerir os cortes rasos, delimitar a área consumida pelos incêndios, avaliar a severidade do fogo, estimar a biomassa, delimitar e caracterizar os combustíveis florestais, entre outros [1]. Esta informação apoia a tomada de decisão sobre a gestão do povoamento e permite avaliar potenciais negócios de compra ou arrendamento de superfícies. Como exemplo, na Figura 2a pode analisar os cortes rasos realizados entre 2018 e 2019 em parte do Concelho de Albergaria-a-Velha e Sever do Vouga extraídos com imagens do satélite Sentinel-2. Na mesma área geográfica pode verificar a idade dos povoamentos gerada com base na série temporal do programa Landsat desde os anos 80 até ao ano 2019 (Fig. 2b). Outro produto importante para a planificação das



infraestruturas florestais e a otimização da gestão do povoamento é a severidade do fogo que pode ser obtida através da análise com imagens Sentinel-2 (Fig. 2c).

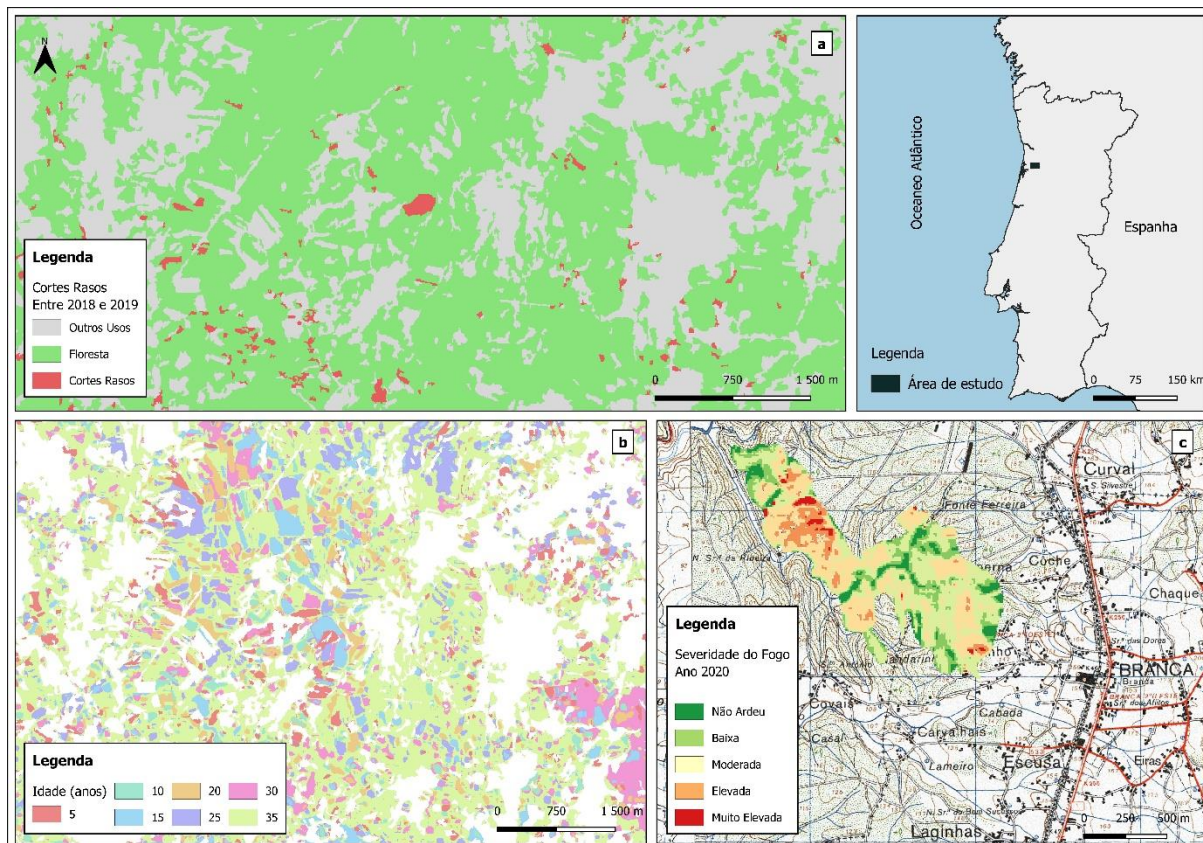


Figura 2. Produtos obtidos com imagens Sentinel-2 e LandsatTM para a região de Albergaria-a-Velha e Sever do Vouga. (a) Cortes rasos entre 2018 e 2019; (b) Idade dos povoamentos; (c) Perímetro e severidade dos incêndios ocorridos em 2020.

### Que tipo de informação posso obter com aviões?

Neste contexto, poderá obter alguns produtos semelhantes mas com vantagem de ter menos interferências causadas pela atmosfera, inexistência de nuvens e por conseguir obter resoluções espaciais e temporais mais adequadas aos objetivos. A aquisição de imagens de satélite normalmente apresenta uma frequência constante enquanto nos aviões é mais flexível, mas o esforço nas campanhas é mais difícil e dispendioso [5].

### Quais são os produtos mais distintivos adquiridos através dos aviões?

Comparativamente com os satélites, os produtos mais diferenciados que podemos obter são a estrutura e densidade dos povoamentos, e as estimativas de volume e de biomassa florestal com LiDAR [3][6] e RADAR. Embora existam programas espaciais como o [GEDI](#) que usam tecnologia LiDAR, mas com uma densidade de pontos muito baixa comparativamente ao que podemos alcançar com os aviões. Em 2023, com o lançamento do satélite [Biomass](#) da [ESA](#) munido com tecnologia RADAR teremos a também possibilidade de obter dados biométricos



para estimar as variáveis referidas. Como ilustração, nas figuras seguintes pode observar a altura da vegetação obtida diretamente com ALS (Fig. 3a), a rede hidrográfica obtida com os dados LiDAR (Fig. 3b) e a biomassa florestal modelada com dados de inventário florestal (Fig. 3c). O voo foi efetuado próximo de Abrantes, em Abril de 2019 no âmbito do Projeto H2020 - MySustainableForest, com uma aeronave a 2792m de altitude, sobreposição de fiadas de 30% e com um sensor LiDAR Leica ALS80HP (*Leica geosystems* parte da *Hexagon*, Estados Unidos da América). A densidade obtida foi de 2 pontos/m<sup>2</sup>.

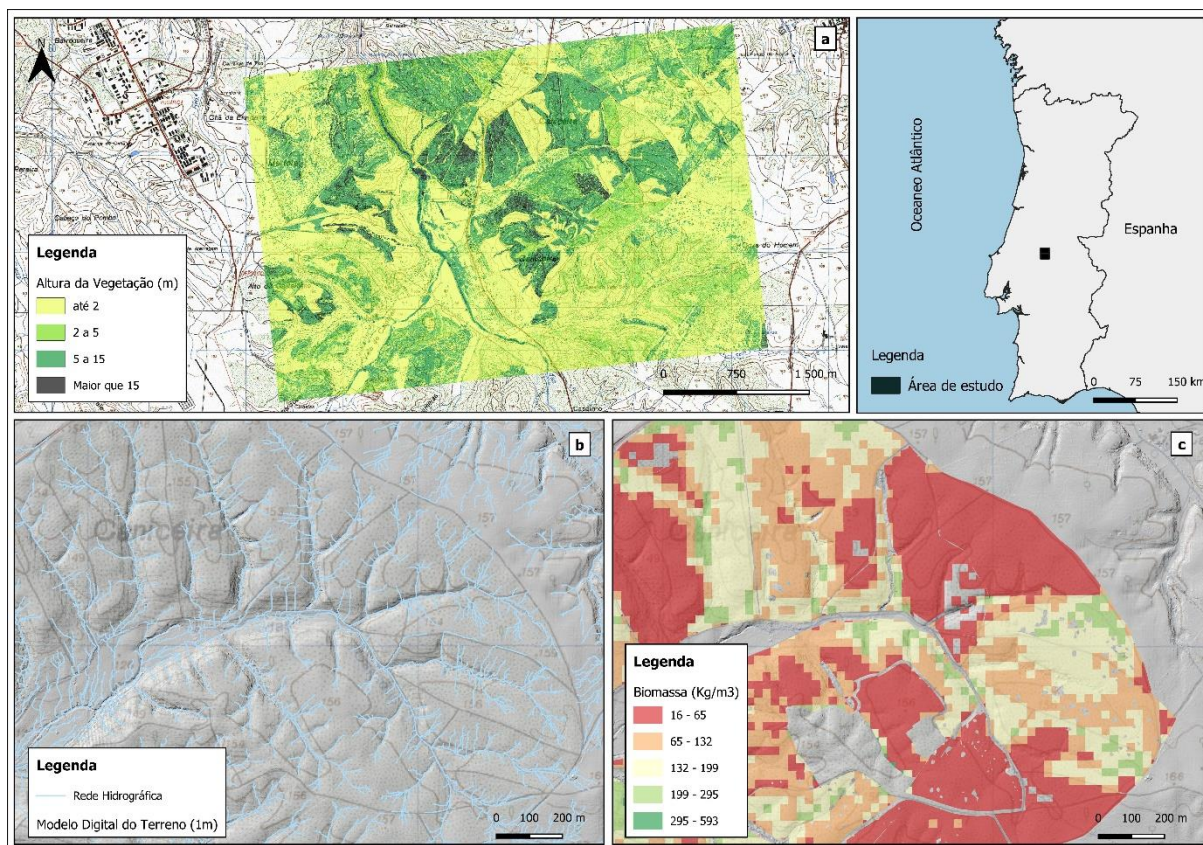


Figura 3. Produtos obtidos através de um voo ALS na região de Abrantes. (a) Extração direta da altura da vegetação; (b) Extração da rede hidrográfica através do modelo digital do terreno; (c) Cálculo da biomassa florestal utilizando os dados LiDAR e as métricas de inventário florestal.

### Sabia que:

A Direção-Geral do Território (DGT) detém um arquivo histórico de fotografia aérea analógica obtida com aeronaves entre as décadas de 1940 a 2000. Desde 2004 tem produzido também ortofotos digitais. Em 2020, através do projeto piloto áGIL TerFoRus, financiado pelo ICNF através do Fundo Florestal Permanente, foram recolhidos dados LiDAR em 45 mil hectares com uma aeronave. Foi um acontecimento histórico para a floresta portuguesa. Pode consultar o [site do projeto](#) para mais informação.

## Então porquê recolher dados com drones?

À semelhança das imagens obtidas pelos sensores aerotransportados e satélites, os drones permitem complementar os dados recolhidos em campo e validar os resultados obtidos noutras plataformas [7]. Por outro lado, pela sua precisão, versatilidade e facilidade de obter dados em qualquer período (desde que as condições meteorológicas o permitam) [8], estes acabam por ser muito utilizados na agricultura e floresta.

## Que tipos de drones existem e qual é o mais adequado à minha realidade?

Existem três diferentes tipos de drones: asa-fixa, asa-rotativa [8] e híbridos. Os de asa-fixa têm maior autonomia e são capazes de mapear áreas maiores e mais extensas (mais de 200 ha), enquanto os de asa-rotativa são mais simples de pilotar e mais adequados para recolher dados em áreas mais pequenas, apresentando um custo menor na comparação com os outros tipos [9]. Estas máquinas têm a capacidade para voar a altitudes elevadas, mas o limite legal é de 120 m. [Aqui](#) poderá obter mais informação sobre os requisitos legais. Atualmente no mercado existem os drones profissionais (*Enterprise*) e para lazer (*Consumer*). Consoante a(s) área(s) do(s) seu(s) povoamento(s), objetivo(s) e disponibilidade financeira poderá optar por um dos tipos mencionados.

## Que produtos cartográficos posso obter com um drone?

Consoante o tipo de informação que pretende recolher pode obter um ortofotomapa do seu povoamento, imagens multiespectrais onde pode identificar as árvores que estão mortas e em declínio, contar o número de árvores, determinar a altura das suas árvores para estimar o volume e acompanhar o desenvolvimento do seu povoamento. É possível ainda determinar o volume de pilhas de aparas através de métodos de fotogrametria digital. Na Figura 4 poderá observar alguns exemplos de imagens de drone obtidos com diferentes sensores e alguns produtos, tais como, um ortofotomapa de um povoamento de eucalipto (Fig. 4a) e uma imagem de falsa cor obtida com a câmara multiespectral *Micasense Altum (AgEagle Sensor Systems, Estados Unidos da América)* (Fig. 4b). Para o estudo de avaliação da vitalidade de um povoamento em talhadia calcularam-se os índices de vegetação (Fig. 4c) e determinou-se a posição de cada árvore para quantificar o número de toiças vivas e mortas (Fig. 4d).

## Por curiosidade, o TLS para que serve?

O TLS permite realizar uma captura tridimensional da floresta sob a copa das árvores. Uma das aplicações mais evidenciadas são os inventários florestais permitindo extrair de forma direta as alturas e diâmetros individuais de todas as árvores das parcelas de inventário. Para além disso, o TLS é também muito utilizado na determinação de volumes de outras superfícies e de infraestruturas.



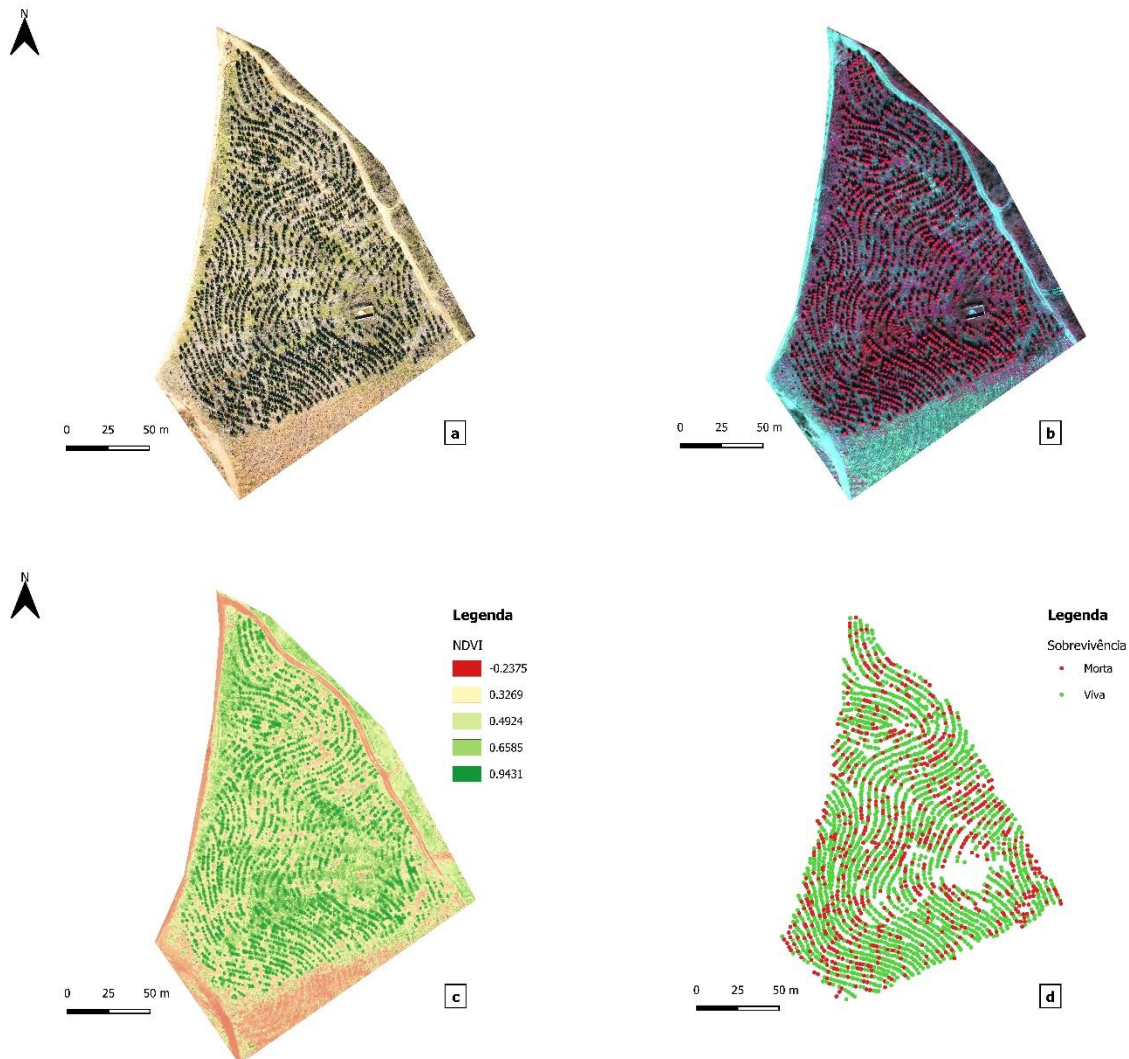


Figura 4. Cartografia extraída utilizando drones na região do Fundão. (a) Ortofotomapa de um povoamento de eucalipto; (b) Imagem de falsa cor; (c) Índice de Vegetação Normalizada (NDVI); (d) Avaliação da sobrevivência do povoamento florestal.

### ***Sabia que:***

A **deteção remota** é uma das principais fontes de dados biométricos. A informação florestal pode ser produzida, editada, integrada em Sistemas de Informação Geográfica e armazenada em bases de dados espaciais. [Saiba mais sobre este tema.](#)

O desenvolvimento das tecnologias digitais e a nossa capacidade de monitorização através da observação da Terra tem permitido encontrar novas oportunidades e soluções para os mais diversos problemas. A inteligência artificial tem tido um papel importante para a extração de conhecimento de uma grande quantidade de dados (*Big Data*). Neste sentido, o RAIZ - Instituto de Investigação da Floresta e Papel tem aplicado estas tecnologias para dar resposta aos principais desafios do contexto florestal nacional.



## Referências bibliográficas

- [1] A.M. Lechner, G.M. Foody, D.S. Boyd, Applications in Remote Sensing to Forest Ecology and Management, *One Earth*. 2 (2020) 405–412.
- [2] CCRS. *Remote Sensing Tutorials*. Canadian Centre for Remote Sensing. Disponível em: <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geographyboundary/remotesensing/fundamentals/1430>. (2016) Data de consulta: 08.09.2021.
- [3] J. Monnet, Airborne Laser Scanning for Forest Applications - State-of-the-Art, *Irsta*. (2012) 24.
- [4] K. Calders, I. Jonckheere, J. Nightingale, M. Vastaranta, Remote sensing technology applications in forestry and REDD+, *Forests*. 11 (2020) 10–13. <https://doi.org/10.3390/f11020188>.
- [5] A. Matese, P. Toscano, S.F. Di Gennaro, L. Genesio, F.P. Vaccari, J. Primicerio, C. Belli, A. Zaldej, R. Bianconi, B. Gioli, Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture, *Remote Sens*. 7 (2015) 2971–2990.
- [6] M. Maltamo, L. Mehtätalo, R. Valbuena, J. Vauhkonen, P. Packalen, Airborne laser scanning for tree diameter distribution modelling: a comparison of different modelling alternatives in a tropical single-species plantation, *For. An Int. J. For. Res.* 91 (2018) 121–131.
- [7] J.P. Dash, G.D. Pearse, M.S. Watt, UAV multispectral imagery can complement satellite data for monitoring forest health, *Remote Sens*. 10 (2018) 1–22.
- [8] L. Pádua, J. Vanko, J. Hruška, T. Adão, J.J. Sousa, E. Peres, R. Morais, UAS, sensors, and data processing in agroforestry: a review towards practical applications, *Int. J. Remote Sens.* 38 (2017) 2349–2391.
- [9] L. Tang, G. Shao, Drone remote sensing for forestry research and practices, *J. For. Res.* 26 (2015) 791–797.

## Como citar:

Duarte A., Acevedo-Muñoz L. (2021) Tecnologias de apoio à silvicultura e gestão florestal – a deteção remota. Dossier temático. Instituto de Investigação da Floresta e Papel (RAIZ). Disponível em: [www.e-globulus.pt](http://www.e-globulus.pt).

## Sobre os autores:

Investigadores em Tecnologias de Informação da Direção de Investigação e Consultoria Florestal, RAIZ - Instituto de Investigação da Floresta e Papel

Contactos: [andre.duarte@thenavigatorcompany.com](mailto:andre.duarte@thenavigatorcompany.com); [luis.munoz@thenavigatorcompany.com](mailto:luis.munoz@thenavigatorcompany.com)

