



Produção de um gémeo digital 3D(fotogrametria) de monumentos históricos e artefactos arqueológicos

FLIGHT RESOURCE CENTER

Darica İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü



KOCAELİ - DARICA
İLÇE MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



Co-funded by
the European Union

Índice

Table of Contents

1. SHORT DESCRIPTION

(UP 3000 CHARACTERS)

2. TARGET

3. SUBJECT AREA

4. TYPE

5. DRONE USED

6. DURATION

7. LEARNING OBJECTIVES

8. KEY COMPETENCES DEVELOPED

1. Communication and Languages
2. Mathematical, Scientific, Technical and Professional Skills
3. Digital Competences
4. Personal, Social and Professional Competences
5. Safety, Quality and Sustainability
6. Citizenship and Cultural Competence
7. Creativity, Problem-Solving and Entrepreneurship
8. Work-Based Learning and Workplace Integration

9. Prior Knowledge / Prerequisites

10. Lesson/Project Outline

Phase 1 – Introduction (Engage & Contextualize)

Phase 2 – Exploration (Investigate & Compare)

Phase 3 – Application (Hands-On Practice)

Phase 4 – Reflection & Consolidation (Present & Connect)

11. Assessment Criteria

12. Teaching Materials

13. External Resources

14. References

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



Co-funded by
the European Union

1. BREVE DESCRIÇÃO

Este projeto visa criar um gémeo digital 3D de alta qualidade de monumentos históricos ou artefactos arqueológicos, utilizando o drone DJI Mini 4 Pro e software de fotogrametria de código aberto. O principal objetivo é preservar digitalmente elementos do património cultural através da geração de modelos 3D precisos e realistas, recorrendo a técnicas de processamento de imagens aéreas.

No projeto, o drone realiza voos circulares manuais ou autónomos em torno de uma estrutura histórica ao ar livre, como uma estátua, um monumento, uma ruína ou um vestígio arqueológico. Durante o voo, são captadas fotografias de alta resolução com uma sobreposição de aproximadamente 70–80%, para assegurar uma reconstrução fotogramétrica bem-sucedida. São utilizadas diferentes alturas de voo e ângulos de câmara para recolher dados visuais detalhados de todos os lados do objeto.

Após a fase de aquisição de imagens, as fotografias recolhidas são processadas utilizando software de código aberto, como Meshroom, OpenDroneMap, COLMAP, Blender ou CloudCompare. O software analisa pontos comuns entre as imagens, calcula as posições da câmara e gera nuvens de pontos esparsas e densas. Estas nuvens de pontos são depois convertidas em modelos de malha 3D com textura, que representam a geometria exata e os detalhes da superfície do artefacto histórico.

O gémeo digital resultante pode ser utilizado para a preservação do património cultural, análise arqueológica, planeamento de restauros, museus virtuais, turismo e fins educativos. Os modelos 3D gerados também proporcionam arquivos digitais de longo prazo contra riscos como a erosão, as catástrofes naturais, o vandalismo e a degradação ambiental.

Em comparação com os sistemas tradicionais de digitalização a laser, a fotogrametria baseada em drones oferece uma solução de menor custo, portátil e acessível, mantendo simultaneamente elevados níveis de precisão. O projeto também apoia a aprendizagem interdisciplinar ao combinar tecnologia de drones, visão computacional, modelação digital, arqueologia e conservação do património.

Em última análise, o projeto demonstra como as tecnologias UAV e as

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**

ferramentas de fotogrametria de código aberto podem contribuir para a preservação sustentável e a documentação digital do património histórico e cultural da humanidade.

2. PÚBLICO-ALVO

- ☐ 15
- ☒ 16
- ☒ 17
- ☒ 18
- ☒ Mais de 18

3. ÁREA DISCIPLINAR

- ☐ Agricultura
- ☐ Resposta a catástrofes
- ☒ Construção
- ☐ Gestão da água
- ☒ Proteção ambiental
- ☒ Outro — Preservação do património cultural e sistemas de monitorização inteligentes

4. TIPO

- ☐ Plano de aula
- ☒ Projeto

5. DRONE UTILIZADO

- ☐ Drone personalizado
- ☒ Drone comercial (DJI)

6. DURAÇÃO

- ☐ 1 aula x 45 minutos

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



Co-funded by
the European Union

- ☐ 1 x aula de 60 minutos
- ☐ 1 x bloco de 90 minutos
- ☐ 2 x aulas de 45 minutos
- ☐ 2 x aulas de 60 minutos
- ☒ Sessão dupla (2 × 60 minutos) e trabalho de casa opcional baseado em projeto.

7. OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

O1: Os alunos compreenderão os princípios da fotogrametria baseada em drones e a forma como fotografias aéreas sobrepostas são utilizadas para gerar modelos digitais 3D precisos de monumentos históricos e artefactos arqueológicos.

O2: Os alunos desenvolverão competências práticas em planeamento de voos de drones, aquisição de imagens aéreas e utilização de software de fotogrametria de código aberto para criar modelos de malha 3D texturizados e nuvens de pontos.

O3: Os alunos analisarão a importância da preservação digital do património e avaliarão de que forma as tecnologias UAV podem apoiar o restauro, o turismo, a educação e a documentação arqueológica.

O4: Os alunos melhorarão as competências de trabalho em equipa, resolução de problemas e literacia digital durante a realização de atividades colaborativas de trabalho de campo e processamento de dados.

8. COMPETÊNCIAS-CHAVE DESENVOLVIDAS

1. Comunicação e Línguas

- ☒ Competência de literacia (compreensão e produção de textos escritos/orais)
- ☒ Comunicação em contextos profissionais
- ☐ Competência multilíngua

2. Competências Matemáticas, Científicas, Técnicas e Profissionais

- ☐ Competência matemática
- ☒ Competência científica, tecnológica e de engenharia (STEM)
- ☐ Competência numérica aplicada às tarefas profissionais
- ☒ Interpretação de informação técnica (manuais, diagramas, normas)
- ☒ Competências profissionais/técnicas
- ☒ Execução de tarefas práticas

3. Competências Digitais

- ☒ Competência digital (literacia digital geral)
- ☒ Utilização de ferramentas digitais em contexto de trabalho

4. Competências Pessoais, Sociais e Profissionais

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



Co-funded by
the European Union

- ☐ Competência pessoal, social e de aprender a aprender
- ☒ Trabalho em equipa e colaboração
- ☒ Autonomia e responsabilidade
- ☐ Ética profissional e comportamento profissional
- ☒ Adaptabilidade e flexibilidade
- ☐ Cooperação com supervisores e colegas

5. Segurança, Qualidade e Sustentabilidade

- ☒ Aplicação das normas de saúde e segurança (OHS/SST)
- ☐ Procedimentos de qualidade e normas no local de trabalho
- ☒ Consciência ambiental e de sustentabilidade

6. Cidadania e Competência Cultural

- ☐ Competência de cidadania
- ☒ Competência de sensibilidade e expressão culturais

7. Criatividade, Resolução de Problemas e Empreendedorismo

- ☒ Resolução de problemas e pensamento crítico
- ☐ Competência de empreendedorismo
- ☒ Iniciativa e criatividade
- ☒ Tomada de decisões em situações reais de trabalho

8. Aprendizagem em Contexto de Trabalho e Integração no Local de Trabalho

- ☐ Integração nas rotinas do local de trabalho
- ☒ Cumprimento de instruções e procedimentos profissionais
- ☒ Utilização de ferramentas, equipamentos e tecnologia

Esta lista de verificação combina as Competências Essenciais da EU para a Aprendizagem ao Longo da Vida com as competências fundamentais esperadas no Ensino e Formação Profissional europeu (VET).

9. Conhecimentos prévios / Pré-requisitos

Os alunos devem possuir conhecimentos básicos de tecnologias digitais, utilização de computadores e gestão de ficheiros. Recomenda-se a familiaridade com drones e com regras básicas de segurança de voo, embora não seja obrigatória. Os participantes devem compreender conceitos elementares de fotografia, como o enquadramento da imagem, a iluminação e a focagem. Uma sensibilização básica para o património cultural e a arqueologia ajudará os alunos a compreender melhor a importância da preservação digital. Os alunos devem também ser capazes de trabalhar de forma colaborativa em grupos e de seguir instruções técnicas durante as atividades de campo e as fases de processamento com software.

10. Estruturada aula/projeto

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



Co-funded by
the European Union

Fase 1 – Introdução (Envolver e contextualizar)

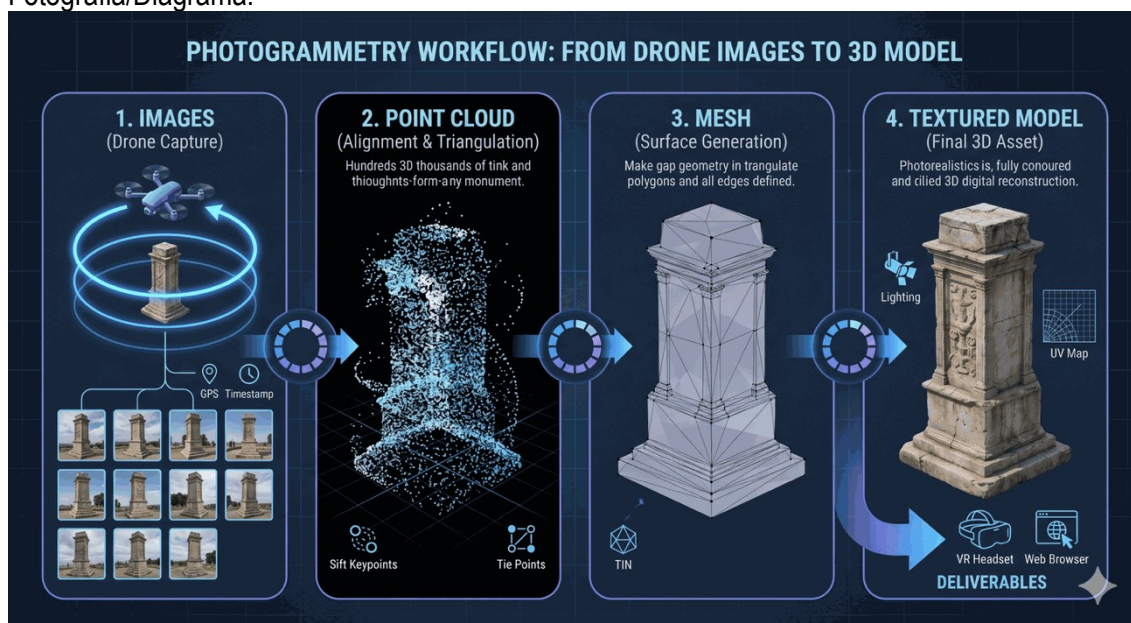
(ATÉ 5000 CARACTERES)

Descrição: O formador apresenta o conceito de gémeos digitais e explica como a fotogrametria com recurso a drones é utilizada na preservação do património cultural. São apresentados exemplos de monumentos digitalizados em 3D, sítios arqueológicos e museus virtuais. Os alunos debatem por que motivo os monumentos históricos necessitam de documentação digital e como a tecnologia pode proteger o património cultural para as gerações futuras.

Vídeo: Fotogrametria - digitalização 3D apenas com o telemóvel/câmara

<https://www.youtube.com/watch?v=ye-C-OOFsX8>

Fotografia/Diagrama:



Questões orientadoras / Debate em sala de aula:

- Por que motivo é importante preservar o património cultural?
- Que vantagens proporcionam os drones na documentação arqueológica?
- Como é que a fotogrametria converte fotografias em modelos 3D?

Fase 2 – Exploração (Investigar e comparar)

Descrição:

Os alunos examinam exemplos de imagens captadas por drones com diferentes percentagens de sobreposição e comparam resultados de fotogrametria bem-sucedidos e malsucedidos. O formador explica o planeamento de voos, a sobreposição de

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



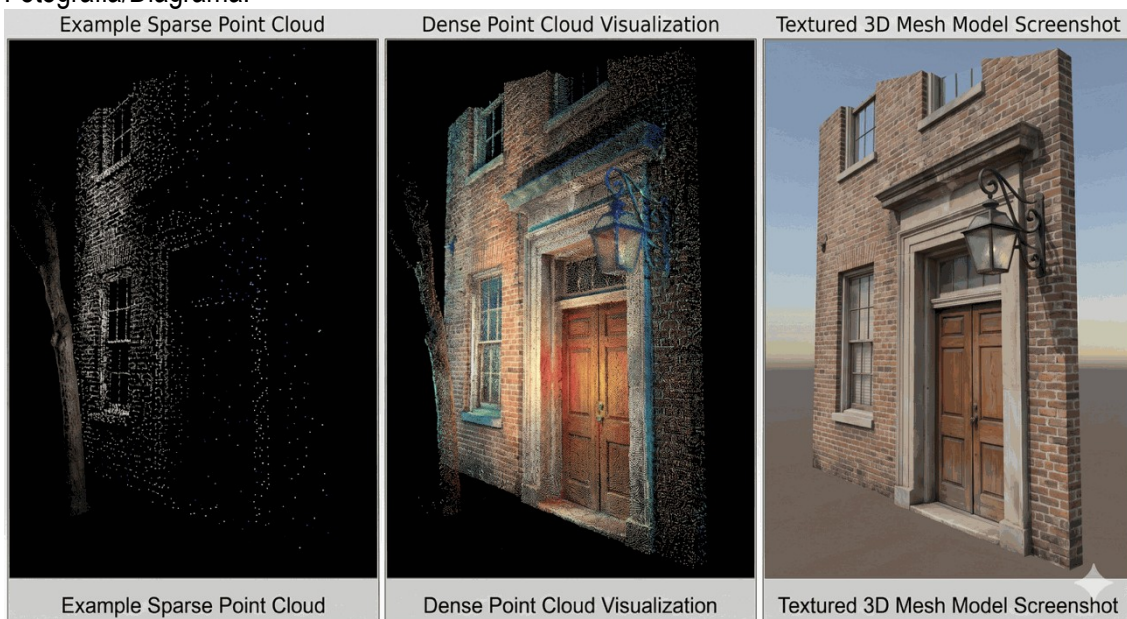
Co-funded by
the European Union

imagens, os ângulos da câmara e as condições de iluminação. Os alunos exploram as interfaces de software de fotogrametria de código aberto e observam como são geradas nuvens de pontos e modelos de malha.

Vídeo: digitalização 3D apenas com TELEMÓVEL/CÂMARA, mais simples e melhor do que nunca.

<https://www.youtube.com/watch?v=8mVhWlxG8gY>

Fotografia/Diagrama:



Questões orientadoras / Debate em sala de aula:

- Por que motivo é a sobreposição de imagens essencial na fotogrametria?
- Que fatores ambientais afetam a qualidade da reconstrução?
- Como podem os drones melhorar a acessibilidade aos sítios históricos?

Leitura breve ou infografia: Infografia que explica o fluxo de trabalho da fotogrametria e as fases da reconstrução 3D.

Atividade de trabalho em grupo:

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**

Os alunos analisam diferentes planos de voo e determinam a melhor estratégia para documentar uma estátua histórica ou um vestígio arqueológico.

Fase 3 – Aplicação (Prática)

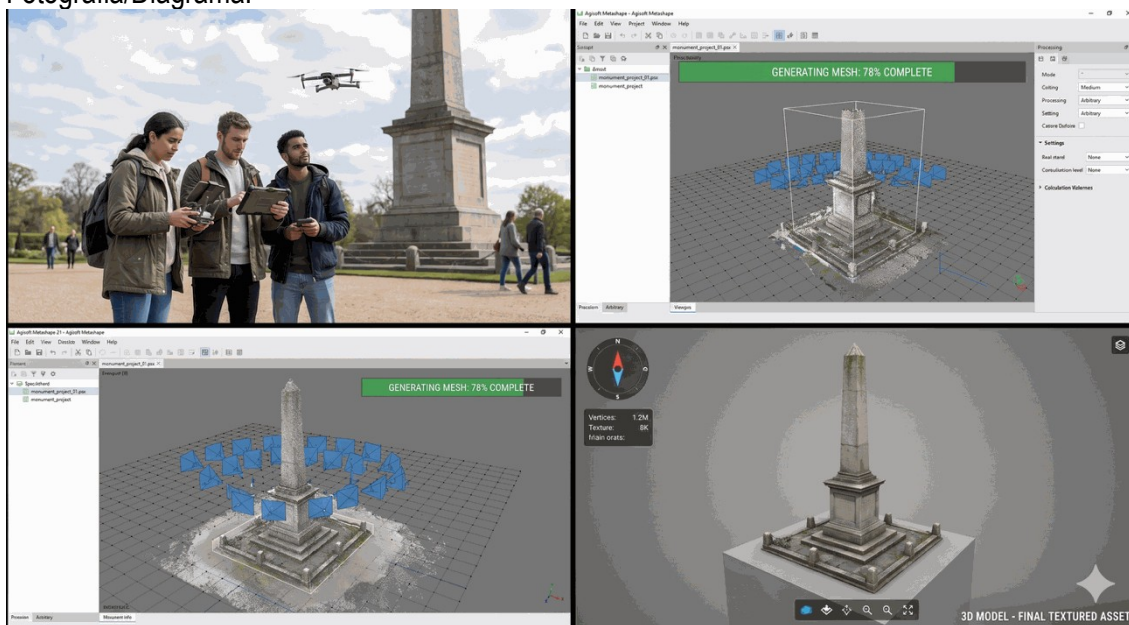
Atividade prática:

Os alunos realizam uma missão de drone supervisionada em torno de um monumento ou objeto exterior selecionado. Utilizando o DJI Mini 4 Pro, captam fotografias sobrepostas através de padrões de voo circulares. Após o voo, os alunos transferem as imagens para computadores e processam-nas utilizando software de código aberto, como o Meshroom ou o OpenDroneMap. Cada grupo gera um modelo 3D texturizado básico e avalia a qualidade da reconstrução.

Vídeo: de imagem-vídeo de drone a nuvem de pontos-malha-modelos 3D

<https://www.youtube.com/watch?v=3j0mP9L4YwA>

Fotografia/Diagrama:



Fase 4 – Reflexão e consolidação (Apresentar e relacionar)

Apresentações dos grupos:

Cada grupo apresenta o seu modelo 3D, explica o fluxo de trabalho, debate os desafios encontrados durante a captação ou o processamento das imagens e avalia a exatidão da reconstrução digital.

Debate em turma:

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



Co-funded by
the European Union

Os alunos debatem de que forma os gémeos digitais podem apoiar os museus, o turismo, os projetos de restauro e a educação. São igualmente abordadas considerações éticas e regulamentação aplicável aos drones nas proximidades de sítios patrimoniais.

Atividade de reflexão:

Os alunos escrevem uma breve reflexão sobre a forma como as tecnologias de drones e as ferramentas digitais podem contribuir para a preservação do património histórico e cultural.

11. Critérios de avaliação

Questionários com perguntas fechadas ou abertas:

- Definir fotogrametria e explicar a sobreposição de imagens.
- Descrever as fases da reconstrução 3D.
- Explicar as considerações de segurança durante as operações com drones.

Ferramentas de autoavaliação para reflexão individual;

Os alunos avaliam o seu contributo para o planeamento do voo, a recolha de dados e a geração do modelo.

Protocolos de revisão por pares para a avaliação colaborativa. Os grupos fornecem feedback sobre a qualidade do modelo, a clareza da apresentação e a eficácia do trabalho em equipa.

Portefólios com resultados selecionados ou documentação do processo de aprendizagem:

Os alunos entregam capturas de ecrã, imagens captadas por drones, notas sobre o fluxo de trabalho e modelos 3D finais como portefólios de projeto.

Materiais didáticos

1-

Recurso	Ligação
Meshroom	https://alicevision.org/
OpenDroneMap	https://www.opendronemap.org
Blender	https://www.blender.org
DJI Mini 4 Pro	https://www.dji.com/mini-4-pro

2- Kit FLIGHT (componentes de drone personalizado) utilizado:

- ☐ BME680 – Temperatura, humidade, pressão, COV
- ☐ Sensor laser PM2.5 –
Matéria particulada

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



Co-funded by
the European Union

- ☐ Sensor de gás MQ7 – Detecção de CO
- ☐ GUVAS12SD – Intensidade UV

12. Recursos externos

Recurso	Ligação
UNESCO World Heritage Centre	UNESCO World Heritage Centre
Modelos 3D de património no Sketchfab	https://sketchfab.com/features/cultural-heritage-history

13. Referências

1. Remondino, F., & Campana, S. (2014). *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage*.
2. Doneus, M., Verhoeven, G., Fera, M., et al. (2011). From deposit to point cloud: A study of low-cost computer vision approaches for archaeological documentation.
3. UNESCO Digital Heritage Preservation Reports.

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**