



Sistema de acompanhamento da degradação estrutural ao longo do tempo para edifícios históricos

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

O projeto «Sistema de monitorização da deterioração estrutural, com base em pontos de passagem programados, para estruturas históricas» é um sistema de monitorização apoiado por AI, concebido para captar periodicamente imagens das fachadas de pontes históricas, torres e estruturas de pedra a partir das mesmas coordenadas, altitude e ângulos de câmara. No âmbito do projeto, são utilizadas as capacidades de memorização de pontos de passagem e rotas do drone DJI Mini 4 Pro para obter imagens normalizadas de alta resolução durante cada missão de voo. As imagens recolhidas são analisadas através de técnicas de visão computacional e processamento de imagem para detetar alterações estruturais, como a formação de fissuras, a deformação de superfícies, a erosão de materiais e as necessidades de restauro. O sistema visa proporcionar uma solução digital de monitorização de baixo custo, sem contacto e sustentável para preservar estruturas históricas e apoiar os processos de restauro através de análises baseadas em dados.

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

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**

5. DRONE UTILIZADO

- ☐ Drone personalizado
- ☒ Drone comercial (DJI)

6. DURAÇÃO

- ☐ 1 aula x 45 minutos
- ☐ 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 aprenderão de que forma os sistemas de drones apoiados por pontos de passagem podem ser utilizados na monitorização periódica de estruturas históricas, captando imagens a partir de coordenadas e ângulos de câmara idênticos para comparação e análise estrutural a longo prazo.

O2: Os alunos desenvolverão competências em visão computacional, comparação de imagens e técnicas de documentação digital para identificar fissuras, erosão de superfícies e deterioração estrutural em edifícios históricos através de imagens captadas por drones.

O3: Os alunos compreenderão a importância da preservação do património cultural e explorarão de que forma as tecnologias emergentes, como os drones autónomos e a análise apoiada por AI, podem apoiar os processos de restauro e conservação.

O4: Os alunos melhorarão as competências de aprendizagem baseada em projetos, trabalho em equipa, interpretação de dados e elaboração de relatórios técnicos, ao conceberem um fluxo de trabalho sustentável para a monitorização de estruturas históricas.

8. COMPETÊNCIAS-CHAVE DESENVOLVIDAS

1. Comunicação e Línguas

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

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**

9. Conhecimentos prévios / Pré-requisitos

Os alunos devem possuir conhecimentos básicos sobre os princípios de operação de drones, incluindo procedimentos seguros de decolagem, aterragem e controlo de voo. Espera-se que os participantes estejam familiarizados com as funcionalidades básicas do drone DJI Mini 4 Pro, como o controlo da câmara, o planeamento de voos por pontos de passagem e as definições de captação de imagem.

São necessárias competências básicas de literacia digital, incluindo gestão de ficheiros, transferência de imagens do drone para um computador e utilização de software simples de análise ou comparação de imagens. Os alunos também devem possuir conhecimentos introdutórios sobre conceitos de fotografia, como ângulo da câmara, enquadramento, resolução e condições de iluminação, uma vez que estes fatores afetam diretamente a precisão da monitorização.

Recomenda-se uma compreensão geral da preservação do património histórico e cultural, para que os alunos possam avaliar melhor a importância dos processos de monitorização estrutural e de restauro. Além disso, os alunos devem ser capazes de trabalhar colaborativamente em equipa, seguir os procedimentos de segurança durante as operações com drones e interpretar dados visuais para fins de elaboração de relatórios e análise.

10. Estrutura da aula/projeto

Fase 1 – Introdução (Envolver e contextualizar)

(ATÉ 5000 CARACTERES)

Descrição: Os alunos são introduzidos à importância da preservação de estruturas históricas, como pontes, torres, castelos e monumentos. O docente explica de que forma as condições ambientais, a exposição aos elementos e a passagem do tempo podem causar deterioração estrutural, incluindo fissuras, erosão de superfícies e deformação de materiais. Em seguida, a aula apresenta sistemas de monitorização assistida por drones e demonstra como a capacidade de voo por pontos de passagem do DJI Mini 4 Pro permite captar fotografias exatamente a partir da mesma posição e do mesmo ângulo ao longo do tempo.

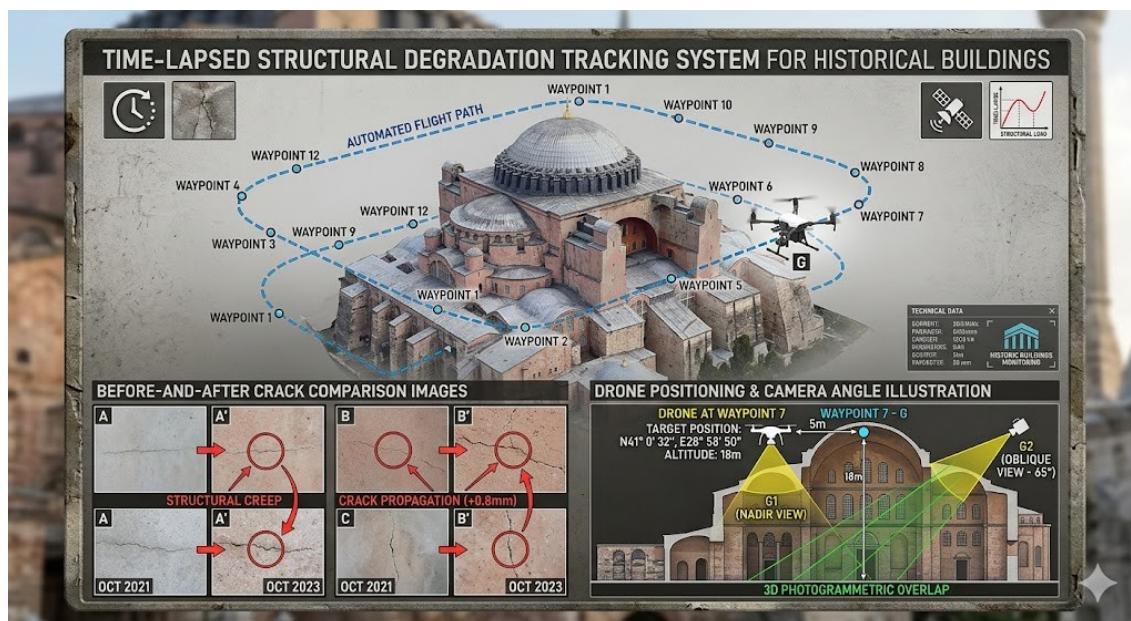
Os alunos examinam imagens de exemplo de estruturas históricas captadas em datas diferentes e discutem de que forma a monitorização digital pode apoiar os esforços de restauro e conservação. O conceito de voos autónomos repetíveis e de comparação de imagens apoiada por AI é contextualizado no âmbito da proteção do património cultural e das tecnologias de cidades inteligentes.

Vídeo: demonstração de uma missão com pontos de passagem DJI e de voo autónomo <https://www.youtube.com/watch?v=Q6YD6G9m6dI>
Fotografia/Diagrama:

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**



Questões orientadoras / Debate em sala de aula:

- Por que motivo é importante preservar as estruturas históricas?
- Que tipos de danos estruturais podem surgir ao longo do tempo?
- Por que motivo é importante captar imagens exatamente a partir do mesmo ângulo para a monitorização?
- De que forma podem os drones melhorar os processos de restauro e inspeção?

Fase 2 – Exploração (Investigar e comparar)

Descrição:

Os alunos investigam de que forma as técnicas de comparação de imagens e de visão computacional podem identificar alterações em estruturas históricas ao longo do tempo. O docente explica conceitos como comparação baseada em píxeis, deteção de fissuras, sobreposição de imagens e consistência das coordenadas. Os alunos comparam várias imagens de estruturas captadas por drones em datas diferentes e identificam diferenças estruturais visíveis.

A turma também explora os fatores ambientais que afetam a deterioração, incluindo humidade, chuva, variações de temperatura, crescimento da vegetação e poluição. Os alunos discutem as vantagens e limitações da inspeção manual em comparação com os sistemas autónomos de monitorização por drones.

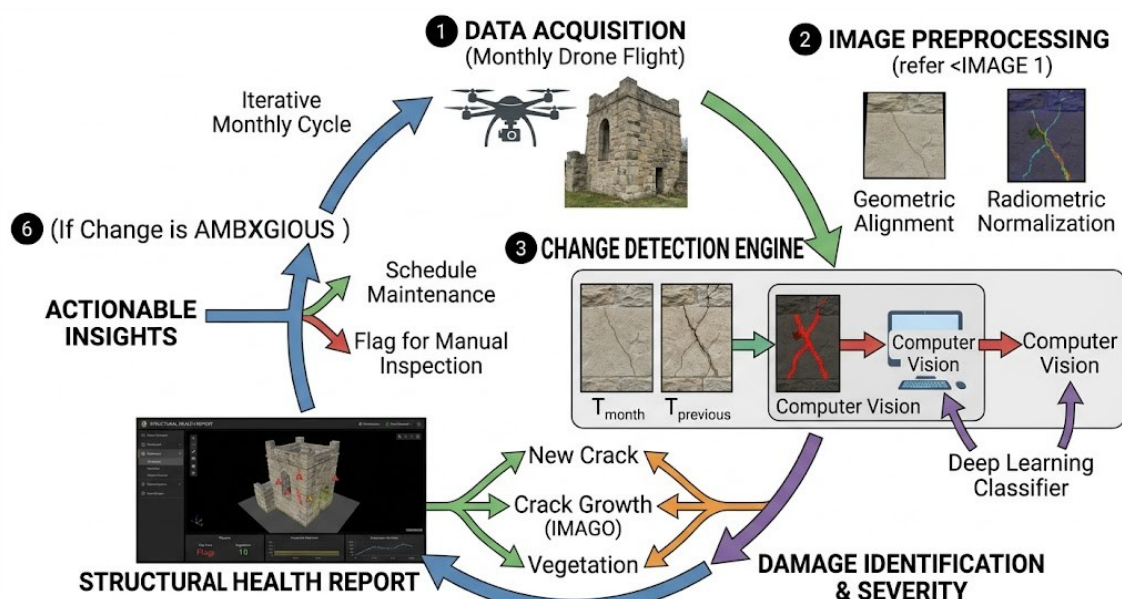
Vídeo: Sistemas de visão computacional e de deteção de fissuras na monitorização de infraestruturas <https://www.youtube.com/watch?v=8mVhWlXG8gY>

Fotografia/Diagrama:

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



Questões orientadoras / Debate em sala de aula:

- Que diferenças visuais indicam deterioração estrutural?
- Por que razão é importante a consistência das imagens na análise de visão computacional?
- Que fatores ambientais aceleram a deterioração?
- Quais são as vantagens das inspeções autónomas com drones?

Leitura breve ou infografia: Os alunos leem uma breve infografia sobre tecnologias digitais de preservação do património e sistemas de inspeção de infraestruturas assistidos por drones.

Atividade de trabalho em grupo: Os alunos trabalham em pequenos grupos para analisar dois conjuntos de imagens de uma estrutura histórica e identificar possíveis indicadores de deterioração. Cada grupo prepara um breve relatório interpretativo que explica as suas observações.

Fase 3 – Aplicação (Prática)

Atividade prática: Os alunos criam uma missão de inspeção baseada em pontos de passagem utilizando o drone DJI Mini 4 Pro. As equipas definem trajetórias de voo seguras em torno de um edifício ou de uma estrutura escolar selecionada e determinam posições fixas da câmara para a captação repetível de imagens.

O drone realiza voos autónomos ou semiautónomos enquanto os alunos captam fotografias de alta resolução a partir de coordenadas e ângulos predeterminados. Em seguida, os alunos transferem as imagens recolhidas para um computador e comparam-nas utilizando software simples de análise de imagem ou métodos de observação manual.

Os alunos identificam fissuras visíveis, descoloração ou alterações da superfície e documentam as suas conclusões num relatório de monitorização. A atividade

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.



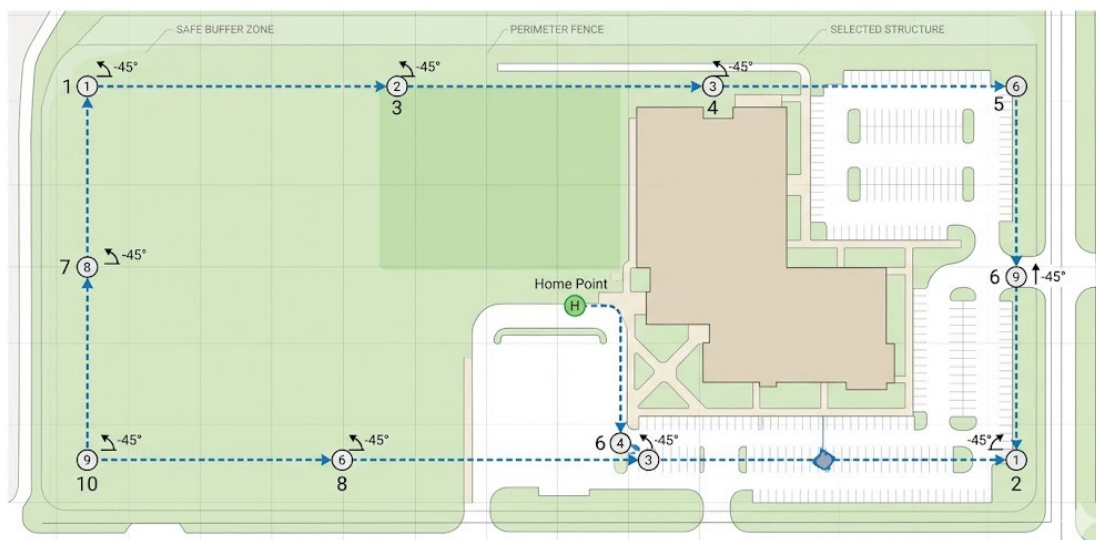
Co-funded by
the European Union

salienta a operação segura de drones, o trabalho em equipa, o planeamento de voo e as competências de documentação digital.

Vídeo: tutorial de configuração de uma missão com pontos de passagem no DJI Mini 4 Pro <https://www.youtube.com/watch?v=3j0mP9L4YwA>

Fotografia/Diagrama:

Figure 1: DJI Mini 4 Pro Waypoint Mission Map (School Building Inspection)



Fase 4 – Reflexão e consolidação (Apresentar e relacionar)

Apresentações dos grupos Cada grupo apresenta o seu fluxo de trabalho de monitorização, plano de voo, imagens recolhidas e resultados da análise da deterioração. Os alunos explicam de que forma os voos consistentes entre pontos de passagem melhoram a precisão da monitorização e debatem possíveis recomendações de restauro.

Debate em turma: A turma debate o papel futuro dos drones, da inteligência artificial e dos gémeos digitais na preservação do património cultural. Os alunos avaliam considerações éticas, procedimentos de segurança e limitações tecnológicas relacionados com inspeções realizadas com drones.

Atividade de reflexão: Os alunos escrevem individualmente uma breve reflexão que explica:

- O que aprenderam sobre monitorização estrutural
- Desafios encontrados durante o planeamento do voo ou a comparação de imagens
- De que forma as tecnologias de drones podem contribuir para a preservação do património cultural e para aplicações em cidades inteligentes

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

11. Critérios de avaliação

Questionários com perguntas fechadas ou abertas: Os alunos respondem a perguntas relacionadas com missões entre pontos de passagem, segurança dos drones, técnicas de comparação de imagens e indicadores de deterioração estrutural. Ferramentas de autoavaliação para reflexão individual; Os alunos preenchem um formulário de reflexão no qual avaliam a sua participação, compreensão técnica, contributo para o trabalho em equipa e desempenho na resolução de problemas.

Protocolos de revisão pelos pares para avaliação colaborativa: Os grupos avaliam mutuamente a precisão do planeamento de voo, a consistência da recolha de dados e os relatórios de monitorização utilizando uma grelha estruturada.

Portefólios com trabalhos seleccionados ou documentação do processo de aprendizagem: Os alunos preparam um portefólio digital que inclui:

- Capturas de ecrã da missão de voo
- Imagens captadas pelo drone
- Notas de análise estrutural
- Relatórios de reflexão
- Materiais da apresentação final

Materiais didáticos

1-

Recurso	Ligação
Página oficial do DJI Mini 4 Pro	https://www.dji.com/global/mini-4-pro
Aplicação DJI Fly	https://www.dji.com/global/downloads/djiapp/dji-fly

Página oficial do DJI Mini 4 Pro

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

- ☐ BME680 – Temperatura, humidade, pressão, COV
- ☐ Sensor laser PM2.5 – Matéria particulada
- ☐ Sensor de gás MQ7 – Detecção de CO
- ☐ GUVA-S12SD – Intensidade UV

12. Recursos externos

Recurso	Ligação
---------	---------

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**

UNESCO World Heritage Centre	UNESCO World Heritage Centre
Biblioteca de visão computacional OpenCV	https://opencv.org/

13. Referências

1. DJI. *DJI Mini 4 Pro User Manual and Waypoint Flight Documentation*.
2. UNESCO. *Digital Technologies for Cultural Heritage Preservation*.
3. OpenCV Documentation – Computer Vision and Image Processing Techniques.

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