



Análise da cor e da poluição nos pontos de descarga de águas residuais

CENTRO DE RECURSOS FLIGHT

Administração de Água e Saneamento de Gaziantep - TURQUIA



Co-funded by
the European Union

Índice

1. INTRODUZIONE.....	2
2. DESTINATARI.....	2
3. SETTORE DI APPLICAZIONE.....	2
4. TIPO.....	2
5. DRONE UTILIZZATO.....	2
6. DURATA.....	3
7. OBIETTIVI DI APPRENDIMENTO.....	3
8. COMPETENZE CHIAVE SVILUPPATE.....	3
1. Comunicazione e lingue.....	3
2. Competenze matematiche, scientifiche, tecniche e professionali.....	3
3. Competenze digitali.....	3
4. Competenze personali, sociali e professionali.....	4
5. Sicurezza, qualità e sostenibilità.....	4
6. Cittadinanza e competenza culturale.....	4
7. Creatività, capacità di risoluzione dei problemi e spirito imprenditoriale.....	4
8. Apprendimento basato sul lavoro e integrazione nel mondo del lavoro.....	4
9. PREREQUISITI.....	4
10. SCHEMA DELLA LEZIONE.....	5
Fase 1 – Introduzione (Coinvolgimento e Contestualizzazione).....	5
Fase 2 – Esplorazione (Indagine e Confronto).....	5
Fase 3 – Applicazione (Esercitazioni pratiche).....	7
Fase 4 – Riflessione e Consolidamento (Presentazione).....	8
11. CRITERI DI VALUTAZIONE (Focus sull'analisi degli scarichi delle acque reflue e dell'inquinamento).....	10
12. MATERIALI DIDATTICI.....	10



1. BREVE DESCRIÇÃO

Os alunos realizarão uma simulação de inspeção digital utilizando drones nos estaleiros de construção de linhas de transmissão onde são instaladas tubagens de grande dimensão. O objetivo é analisar a segurança das escavações, o alinhamento das condutas e a densidade de poeiras/gases no ambiente de construção.

2. PÚBLICO-ALVO

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

3. ÁREA DISCIPLINAR

- ☐ Agricultura
- ☐ Resposta a emergências
- ☐ Construção
- ☒ Gestão da água
- ☐ Proteção ambiental
- ☐ Outro

4. TIPO

- ☐ Plano de aula
- ☒ Projeto
- ☐ Atividade

5. DRONE UTILIZADO

- ☐ Drone personalizado
- ☒ Drone comercial (DJI)



6.DURAÇÃO

- ☐ 1 aula de 45 minutos
- ☐ 1 aula de 60 minutos
- ☐ 1 bloco de 90 minutos
- ✓ 2 aulas de 45 minutos
- ☐ 2 aulas de 60 minutos
- ☐ Sessão dupla (2 × 60 minutos) com trabalhos de casa facultativos baseados em projetos.

7.OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Monitorização dos progressos: os alunos monitorizarão os progressos diários das operações de instalação e soldadura dos tubos a partir de uma vista aérea, utilizando uma câmara de drone, e compará-los-ão com o programa de trabalho planeado.

Análise do risco ambiental: os alunos criarão um relatório OHS (saúde e segurança no trabalho), medindo a densidade das poeiras geradas durante a escavação e a acumulação de gases de escape (COV) provenientes de maquinaria pesada, utilizando a câmara e os sensores do drone.

Observação topográfica: os alunos utilizarão os dados da pressão barométrica para analisar as diferenças de altitude ao longo do percurso da conduta e o impacto da inclinação na segurança da linha.

8.COMPETÊNCIAS-CHAVE DESENVOLVIDAS

1. Comunicação e línguas

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

2. Competências matemáticas, científicas, técnicas e profissionais

- ✓ Competência matemática
- ☐ Competência científica, tecnológica e de engenharia (STEM)
- ☐ Competências numéricas aplicadas às tarefas profissionais
- ☐ Interpretação de informações técnicas (manuais, diagramas, normas)
- ☐ Competências profissionais/técnicas
- ☐ Execução de tarefas práticas

3. Competências digitais

- ✓ Competência digital (literacia digital geral)
- ☐ Utilização de ferramentas digitais em contexto profissional



4. Competências pessoais, sociais e profissionais

- ✓ Competência pessoal, social e de aprendizagem
- ☐ Trabalho em equipa e colaboração
- ☐ Autonomia e responsabilidade
- ☐ Ética de trabalho e comportamento profissional
- ☐ Adaptabilidade e flexibilidade
- ✓ Colaboração com supervisores e colegas

5. Segurança, qualidade e sustentabilidade

- ☐ Aplicação das normas em matéria 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
- ☐ Consciência cultural e competência de expressão

7. Criatividade, resolução de problemas e espírito empreendedor

- ✓ 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 mundo laboral

- ☐ Integração nas rotinas de trabalho
- ☐ Cumprimento das instruções e dos procedimentos profissionais
- ✓ Utilização de ferramentas, equipamentos e tecnologias

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

Espera-se que os alunos adquiram conhecimentos básicos de Arduino/MicroPython e das normas fundamentais em matéria de saúde e segurança no trabalho.

No que diz respeito à utilização da tecnologia, os alunos devem estar familiarizados com os princípios fundamentais da segurança de voo dos drones, incluindo as verificações pré-voo, os procedimentos seguros de descolagem e aterragem, a gestão da bateria e a manutenção da linha de visão. Competências digitais básicas, como a utilização de um dispositivo móvel ou de um tablet para o controlo do voo e a revisão das imagens captadas, favorecerão uma participação eficaz na aula.



10. ESTRUTURA DA AULA/PROJETO

Fase 1 – Introdução (Envolver e contextualizar)

Fase 1: Análise da cor e da poluição nos pontos de descarga de águas residuais

Abordagem técnica e normas na gestão das descargas

O processo de descarga de águas residuais provenientes de instalações industriais ou de tratamento nos meios recetores (rios, lagos, mares) deve ser gerido em conformidade com normas legais rigorosas e parâmetros técnicos. Esta fase inicial do projeto visa estabelecer as bases técnicas e o quadro jurídico necessários para analisar a carga poluente existente nos pontos de descarga e avaliar os respetivos impactos ambientais.

Fase 1: Receção das normas de descarga ambiental e análise do ecossistema

O principal objetivo desta fase é determinar os valores-limite e os critérios necessários para garantir a sustentabilidade do meio recetor (vida aquática). Neste contexto, será realizado o seguinte trabalho técnico de apresentação e análise:

- **Crítérios críticos de descarga:** os parâmetros físicos e químicos fundamentais que determinam a qualidade das águas residuais descarregadas são analisados através de critérios como a temperatura, a cor, a turbidez, o pH e a condutividade.
- **Efeitos na vida aquática:** são avaliados os impactos técnicos diretos e indiretos dos parâmetros determinados (em particular, o aumento da temperatura, a cor e a turbidez que reduzem a penetração da luz) no ecossistema aquático (populações de peixes, plantas aquáticas e microrganismos).

Estes estudos são fundamentais para estabelecer os "valores-limite técnicos" a utilizar na análise dos dados obtidos através de imagens captadas por drones e de medições com sensores BME680 nos pontos de descarga.

Fase 2 – Exploração (Investigar e comparar)

Fase 2: Análise da escala cromática e calibração do sensor BME680

Descrição: Nesta fase, os alunos estudam os processos de calibração necessários para que uma câmara de drone distinga as alterações de cor na superfície da água (tons de azul, verde e castanho) e como ajustar o sensor BME680 em função das variações de humidade causadas pelo vapor de água. A atenção centra-se na mitigação das "Três grandes ameaças": desvio dos dados espectrais, análises imprecisas da poluição e condicionantes ambientais.

Parte 1: Processo de calibração e verificação técnica

Ajuste pré-voo dos sistemas de câmaras e sensores em função dos fatores ambientais na superfície da água:

- **Calibração da escala de cores:** calibração da câmara do drone com referências visuais para distinguir com precisão os tons de azul (limpo), verde (algas/musgo) e castanho (sedimentos/turbidez) na superfície da água.
- **Ajuste da humidade e do vapor:** definição de uma base de referência para o sensor BME680 face ao vapor de água denso que se eleva da superfície da água e



otimização da sensibilidade à humidade.

- **Análise do desvio dos sensores e das imagens:** análise do efeito de "desvio" da humidade extrema sobre a albufeira na precisão dos sensores óticos do drone e nas medições do BME680.

Parte 2: Caracterização vertical e observação dos dados

Análise dos perfis de poluição e humidade durante a aproximação vertical do drone à superfície da água:

Simulação da análise da superfície:

- **Nível da crista:** monitorização dos dados de referência sobre a qualidade do ar e a humidade à altitude superior da barragem.
- **Nível intermédio (zona de transição): observação** do aumento da densidade do vapor de água e das alterações de cor durante a descida em direção à superfície da água.
- **Nível da superfície da água:** o ponto mais crítico onde é realizada a análise da poluição através da escala de cores e são recolhidos os dados de pico de humidade.
- **Correção da densidade do vapor e da humidade:** utilização dos dados de temperatura e pressão do BME680 para calcular a correlação entre os níveis de humidade e os dados de poluição visual (tons de cor).
- **Tempo de resposta (90):** testar o tempo necessário para que o sensor atinja um valor de medição estável no microclima húmido da superfície da água.

Parte 3: Riscos de calibração inadequada na monitorização da poluição

- **Perigo de leituras imprecisas da cor:** análise do risco de classificação incorreta da poluição da água (por exemplo, proliferações de algas nocivas) devido a uma calibração incorreta da cor.
- **Falsos alarmes e segurança da água:** análise da forma como dados incorretos dos sensores podem dar origem a "falsos alarmes de poluição", causando erros operacionais nos processos de gestão das barragens.

Questões orientadoras / Discussão em sala de aula:

- Que alterações na qualidade da água são indicadas pelas variações de cor (azul, verde, castanho) na superfície da água?
- De que forma a capacidade do sensor BME680 para medir o vapor de água ajuda a verificar os dados da análise visual da cor?
- Em termos de reflexos óticos e densidade da humidade, que nível de altitude representa o maior desafio para a deteção da poluição?

Leitura breve / Infografia:

Escala de cores e segurança: um guia visual que mostra o mapeamento das tonalidades de cor da superfície da água de acordo com os tipos de poluição e como os dados de humidade obtidos pelo BME680 verificam esta análise com precisão milimétrica.

Atividade de trabalho em grupo:

Pequenos grupos analisam os registos de voo dos drones e as imagens das câmaras para identificar quais as tonalidades de cor e os níveis de humidade que excedem os limiares críticos de poluição e preparar um relatório atualizado sobre o estado da água da barragem.



Fase 3 – Aplicação (Prática)

Fase 3: Voo de cartografia dos pontos de descarga e das plumas (protocolos de aplicação no terreno e de dispersão)

Descrição: esta fase diz respeito aos protocolos operacionais para realizar voos de reconhecimento sobre os pontos de descarga de águas residuais utilizando os sistemas de sensores BME680 e as câmaras instaladas. Os alunos medirão as alterações instantâneas na boca de descarga, fotografarão a dispersão da poluição (pluma) na superfície da água e analisarão a área de impacto, recolhendo dados de referência nas zonas de água limpa.

Parte 1: Preparação pré-voo e protocolos de segurança

- **Planeamento da missão para a vigilância das descargas: cartografia das bocas de descarga** e dos percursos onde se prevê que a pluma de poluição seja mais intensa.
- **Avaliação ambiental e legal: avaliação** da velocidade do vento e da intensidade do sinal GPS no meio recetor, bem como das restrições de voo em torno das instalações de descarga.
- **Preparação do sensor e da imagem:** verificação da instalação do sistema de câmaras calibrado para a análise da cor e do sensor BME680 para detetar aumentos instantâneos de temperatura e humidade.

Parte 2: Execução operacional e recolha de dados

- **Regra de suspensão de 30 segundos (ponto de descarga):** manutenção de uma posição estável sobre a saída de descarga durante 30 segundos para estabilizar as leituras instantâneas de temperatura e humidade e documentar o momento da descarga.
- **Mapeamento da pluma (análise da dispersão):** fotografia a partir de várias altitudes para determinar até onde a poluição se dispersa na superfície da água e identificar a sua cor (azul, verde, castanha).
- **Recolha de dados de referência (ponto de controlo):** aquisição de dados de referência comparativos na zona de água limpa da bacia, não influenciada pela descarga, para estabelecer uma linha de base.

Parte 3: Classificação do risco e classificação da gestão das anomalias das descargas:

- **Risco baixo/moderado: áreas em** conformidade com as normas de descarga, com dispersão limitada e alteração mínima da cor.
- **Risco elevado:** identificação de "zonas vermelhas" caracterizadas por aumentos de temperatura fora do padrão, alterações intensas da cor e linhas de poluição que se estendem por uma vasta área.
- **Protocolos de navegação e de emergência: garantir** a segurança do voo em torno das estruturas de descarga e das estruturas costeiras; implementar protocolos de "regresso ao ponto de partida" (RTH) em caso de avaria técnica.





Fase4 – Reflexão e consolidação (Apresentar e relacionar)

Fase 4: Comunicação da dispersão da poluição e conformidade regulamentar

Descrição: Esta fase prevê a integração digital dos dados da análise visual da cor com os dados de temperatura e gases recolhidos pelo sensor BME680. O principal objetivo é apresentar o estado de "conformidade regulamentar" da descarga da estação de tratamento através de um relatório sobre a dispersão da poluição apoiado por uma simulação.

Parte 1: Transferência de dados e integração multiparamétrica

- **Descarregamento de dados:** transferência dos dados do sensor em formato .csv com carimbo de data e hora (resistência aos gases, temperatura, humidade) e das imagens de alta resolução que mostram a coluna de poluição, da memória do drone para um computador.
- **Limpeza dos dados:** filtragem dos dados ruidosos provenientes das fases de descolagem e aterragem para se concentrar exclusivamente nas janelas de "voo estacionário" de 30 segundos nas coordenadas de descarga e de controlo.
- **Sincronização espacial: correspondência precisa** das imagens da dispersão da poluição obtidas através da análise visual da cor com as anomalias de temperatura e gases detetadas pelo sensor através das coordenadas GPS.

Parte 2: Análise da conformidade e monitorização da pluma

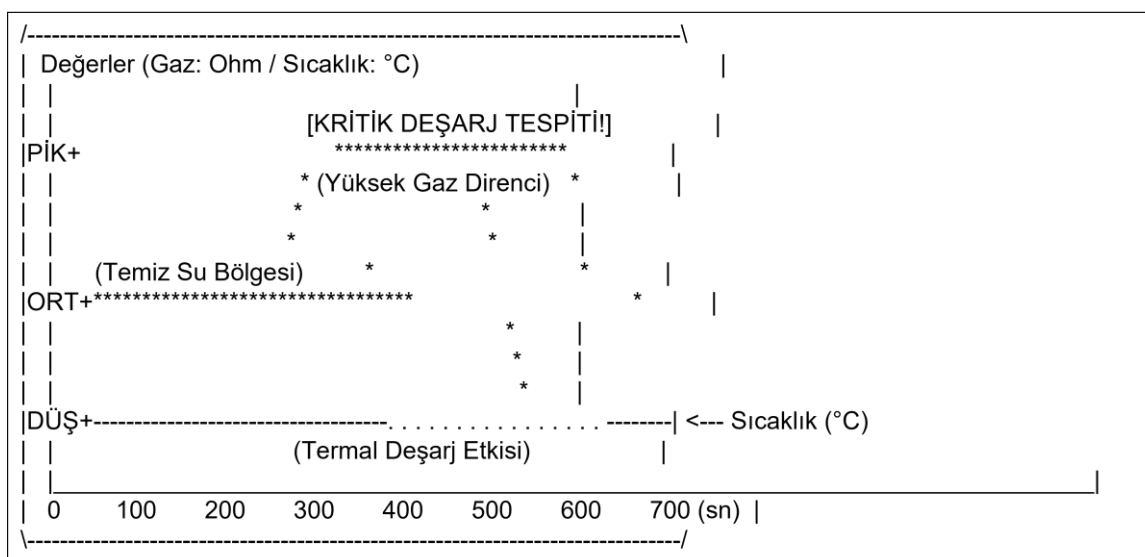
- **Definição dos limiares regulamentares: definição** dos níveis de "conformidade", "marginal" e "violação" para os valores de temperatura e gases com base nas normas de descarga no meio recetor.
- **Identificação dos pontos críticos de poluição: utilização** da análise matemática para identificar os "pontos críticos" onde a descarga cria o impacto térmico ou químico mais intenso na superfície da água.
- **Análise estatística (média vs. pico): utilização** dos valores médios para filtrar as flutuações temporárias durante a análise dos "valores de pico", a fim de verificar os



casos de descarga fora do padrão.

Parte 3: Visualização e elaboração de relatórios de simulação

- **Criação de um "Mapa de dispersão da poluição":** geração de um mapa temático da dispersão que combina a análise visual da cor com os dados de gases/temperatura do BME680 para mostrar a distribuição da poluição na superfície da água.
- **Elaboração do relatório de conformidade:** preparação de um relatório oficial de simulação que documente o desempenho da descarga da estação de tratamento e a sua conformidade com as normas do meio recetor.
- **Resultados do apoio à decisão:** finalização dos relatórios que identificam as "zonas vermelhas" (áreas que apresentam violações), a apresentar às autoridades competentes para uma intervenção imediata ou uma ação administrativa.



Atividade de reflexão/Perguntas orientadoras:

- **Risco ambiental e conformidade:** o que aprendeste sobre os impactos na vida aquática (peixes e plantas) da bacia quando os valores de temperatura, cor e gases da água descarregada não estão em conformidade com a regulamentação?
- **Processo de tomada de decisão operacional:** de que forma a monitorização de uma coluna de poluição ao longo da linha de descarga, através de um drone equipado com um sensor BME680, alterou a vossa abordagem à monitorização ambiental e à segurança do voo?
- **A regra dos 30 segundos:** por que motivo a regra do "voo estacionário" de 30 segundos é fundamental para a exatidão dos dados relativos aos gases e à temperatura na saída de descarga e de que forma afeta a fiabilidade do "Relatório de dispersão da poluição"?
- **Papel da exatidão dos dados:** qual é o papel fundamental de um planeamento meticuloso e da calibração dos sensores na deteção de fugas químicas invisíveis ou de anomalias térmicas para o relatório de "Conformidade regulamentar"?
- **Gestão baseada em dados:** com base no mapa de dispersão e no relatório de



simulação elaborados, explica como os protocolos baseados em dados melhoram as inspeções das estações de tratamento e as estratégias de segurança da água.

11. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO (Foco na análise das descargas de águas residuais e da poluição)

- **Questionário sobre as normas e a tecnologia dos sensores:** breves questionários avaliam os conhecimentos técnicos sobre os critérios de descarga no meio recetor (temperatura, cor, turvação). As perguntas fechadas testam a utilização dos sensores BME680 para a análise da conformidade, enquanto as perguntas abertas se centram na importância do seguimento das plumas através de drones.
- **Identificação de anomalias e dispersões de alto risco:** os alunos são avaliados com base na identificação das alterações na boca de descarga e na definição das áreas de dispersão com base nas cores da superfície da água (azul, verde, castanho). Isto inclui a análise das imagens das plumas e a marcação dos pontos de violação "de alto risco" com coordenadas precisas no Excel.
- **Autoavaliação e elaboração de relatórios ambientais:** os alunos utilizam listas de verificação para avaliar as suas competências na monitorização com drones, na análise das plumas e na interpretação dos dados dos sensores. O processo coloca a ênfase nas estratégias de conformidade e na utilização responsável da tecnologia nas inspeções.
- **Protocolos operacionais e revisão por pares:** durante as atividades de grupo, os alunos avaliam a segurança do plano de voo, a exatidão dos dados (temperatura/humidade/gás) e a coordenação da equipa utilizando protocolos de revisão por pares. Portefólios "Dispersão e conformidade da poluição": os grupos apresentam um portefólio que contém notas de medição, dados de referência dos pontos de controlo, "Mapas de dispersão da poluição" e relatórios de simulação da conformidade regulamentar.
- **Documentação da recolha e divulgação dos dados:** a avaliação centra-se no cumprimento da regra de "hovering" de 30 segundos nos pontos de descarga e na garantia de que os dados visuais sustentam as decisões administrativas ou os planos de melhoria.

12. MATERIAIS DIDÁTICOS

Recursos	Ligação
1. Manual_V4 do DJI Mini 4 Pro com telecomando DJI RC 2	https://docs.google.com/document/d/1fFlacOnKI3LNpETiJVghhQkoenCvt5ct/edit?usp=drive_link&ouid=110204741178376447896&rtopf=true&sd=true
2.2.1.Introdução ao NodeMCU	https://docs.google.com/document/d/1kQgIg533Jtssm3LG2PeQFb5h1b1OKwSLQl-



	dx8GvcHM/edit?usp=drive_link
2.2.2. Módulos de deteção ambiental	https://docs.google.com/document/d/1TaEKu4fmXjR0nPVU_rB5BKxXWu_l-oj9cHaotPzbTBc/edit?usp=drive_link
2.2.3 Aquisição e registo de dados e operações de campo	https://docs.google.com/document/d/19S4BqSk_Rdi75qzwWkpkeVnbttc9otIEB-O9kfYv9Ww/edit?usp=drive_link

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

- BME680 – Temperatura, Humidade, Pressão,
- Sensor laser de PM2.5 para COV – Partículas em suspensão
- Sensor de gás MQ7 – Deteção de CO.
- GUVVA-S12SD – Intensidade UV

