



Thermo-Scout: Perfilagem atmosférica vertical para análise do risco de geada

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
1. SHORT DESCRIPTION	2
2. TARGET	2
3. SUBJECT AREA	2
4. TYPE	2
5. DRONE USED	3
6. DURATION	3
7. LEARNING OBJECTIVES	3
8. KEY COMPETENCES DEVELOPED	3
9. PRIOR KNOWLEDGE / PREREQUISITES	5
10. LESSON/PROJECT OUTLINE	6
13. EXTERNAL RESOURCES	9
14. REFERENCES	10

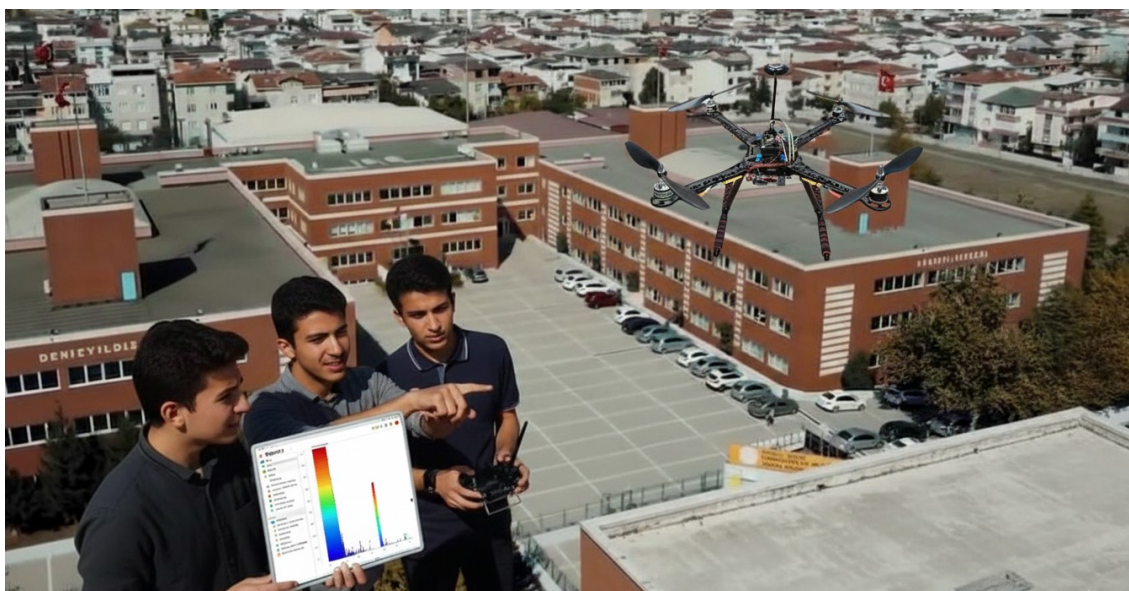
Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**

1. BREVE DESCRIÇÃO

Este projeto tira partido da capacidade do drone personalizado para realizar manobras verticais precisas, a fim de **detetar camadas de inversão** térmica — uma das principais causas das geadas agrícolas. Em vez de efetuarem um mapeamento horizontal, os alunos programam o drone para atuar como uma «sonda de sondagem vertical», ascendendo a altitudes específicas (por exemplo, 5m, 15m, 30m, 50m). Ao registarem dados de temperatura, humidade e pressão através do sensor BME680, os alunos construirão um perfil vertical da atmosfera. Os dados são visualizados no **Kepler.gl** como uma coluna 3D, permitindo aos alunos determinar se existe ar mais quente acima da camada de solo gelada, uma informação crucial para métodos ativos de proteção contra a geada (como máquinas de vento).



2. PÚBLICO-ALVO

☐ 15

☒ 16

☒ 17

☒ 18

☐ Mais de 18

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

3. **ÁREA DISCIPLINAR**

- ☒ Agricultura
- ☐ Resposta a catástrofes
- ☐ 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 x 45 minutos
- ☐ 1 x aula de 60 minutos
- ☐ 1 x bloco de 90 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**

- ☐ 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: Analisar o fenómeno da inversão **térmica e a forma** como o ar frio se acumula em zonas baixas (efeito da topografia).

O2: Calcular o **ponto de orvalho** utilizando dados de temperatura e humidade para prever a probabilidade de formação de geada.

O3: Conceber e executar uma missão autónoma de «perfilagem vertical» utilizando pontos de passagem com comandos de «Atraso/Voo estacionário».

O4: Visualizar pontos de dados verticais no **Kepler.gl** para criar um modelo atmosférico 3D.

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)
- ☐ Competência numérica aplicada às tarefas profissionais
- ☐ Interpretação de informação técnica (manuais, diagramas, normas)

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

- ☐ 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

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**

- ☐ 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

Este projeto vai além do voo recreativo e combina Física, **Aviação e Ciência de Dados**. Para que a missão seja bem-sucedida, os alunos devem possuir as três competências essenciais seguintes antes de se deslocarem para o terreno:

1. Compreensão da relação entre a pressão atmosférica e a temperatura

- **Por que motivo é isto necessário?** A hipótese central deste projeto consiste em detetar uma **inversão térmica**. Normalmente, o ar arrefece à medida que se sobe (gradiente térmico vertical). No entanto, durante episódios de geada, o ar frio (por ser mais denso/pesado) desce até ao solo como a água, enquanto o ar quente permanece retido acima. Os alunos devem compreender que o ar é um «fluido» e que a sua densidade varia com a temperatura.
- **O que deve o aluno saber?**
 - **Princípio da densidade:** As moléculas de ar frio encontram-se mais compactadas, tornando o ar mais pesado. Este desloca-se pelas encostas e acumula-se em zonas baixas (vales/bacias).
 - **Altimetria barométrica:** Uma vez que utilizamos um sensor BME680, os alunos devem saber que o sensor calcula a altitude com base na pressão *atmosférica*, e não apenas no GPS. Devem compreender que a pressão diminui à medida que a altitude aumenta.
 - **Inércia térmica (atraso):** Devem compreender que o sensor não responde instantaneamente. Tal como uma colher fria demora algum tempo a aquecer numa sopa quente, o sensor

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

precisa de tempo para se adaptar à temperatura do ar. É por esse motivo *que programamos o drone para permanecer em voo estacionário.*

2. Capacidade para operar o drone personalizado nos modos «Loiter/GPS Hold»

- **Por que motivo é isto necessário?** Esta não é uma missão de corrida nem **de estilo livre**; **é uma missão de** sondagem vertical (sonda científica). Para que os dados sejam válidos, o drone deve permanecer suspenso no ar «como se estivesse pregado ao céu». Se o drone derivar com o vento, os dados serão misturados horizontalmente, comprometendo o perfil vertical.
- **O que deve o aluno saber?**
 - **Conhecimento dos** modos: Devem distinguir entre *Stabilize* (autonivelamento manual) e Loiter (*manutenção* da posição assistida por GPS). Este projeto depende estritamente **de** Loiter/PosHold.
 - **Gestão do acelerador:** Em drones personalizados, devem saber que, no modo Loiter, manter o manípulo do acelerador a 50% (centro) significa «manter a altitude atual».
 - **Segurança/Proteção contra falhas:** Se o sinal de GPS se perder (o HDOP aumenta) ou o magnetómetro ficar desorientado, o drone poderá entrar num movimento em «toilet bowl» (espiral). O piloto deve saber mudar imediatamente para o modo *Stabilize*, a fim de recuperar o controlo manual.

3. Competências básicas de Excel para fórmulas de cálculo do ponto de orvalho

- **Por que motivo é isto necessário?** O sensor BME680 fornece dois dados brutos: temperatura (**T**) e **humidade relativa (RH)**. **No entanto, para** prever a geada, a métrica mais importante é o ponto de orvalho — a temperatura à qual o vapor de água se transforma em líquido (orvalho) ou gelo (geada). O sensor não fornece este valor diretamente; os alunos têm de «processar» estes dados utilizando o Excel.
- **O que deve o aluno saber?**
 - **Escrever fórmulas:** como realizar operações matemáticas utilizando referências de células (por exemplo, =A2*B2).
 - **A fórmula de aproximação:**

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.



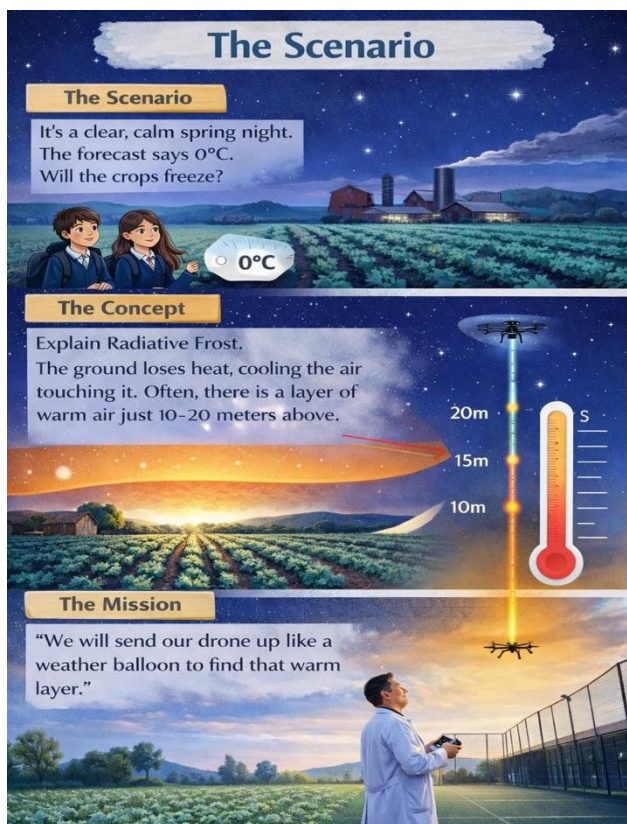
Co-funded by
the European Union

os alunos devem conseguir introduzir no Excel uma fórmula simplificada do ponto de orvalho:

- *Fórmula: Ponto de orvalho* $\approx$ Temperatura - ((100 - Humidade) / 5)
- *Sintaxe do Excel:* se a temperatura estiver em A2 e a humidade em B2:
=A2 - ((100-B2)/5)
- **Lógica condicional (instruções IF):** para criar um sistema de alerta automatizado, os alunos devem saber utilizar lógica condicional:
 - =IF(C2<0, "RISCO DE GEADA", "SEGURO") – Isto ensina-os a transformar números em recomendações práticas.

Estrutura da aula/projeto

Fase 1 – Introdução (Envolver e contextualizar) Descrição:



- **O cenário:** é uma noite de primavera límpida e sem vento. A previsão indica 0°C. As culturas irão congelar?
- **O conceito:** explicar a **geada de radiação**. O solo perde calor, arrefecendo o ar em contacto com ele. Muitas vezes, existe uma camada de ar quente apenas 10-20 metros acima.
- **A missão:** «Vamos enviar o nosso drone para o ar, como um balão meteorológico, para encontrar essa camada quente.»

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 2 – Exploração (Teste em bancada e planeamento da missão) Descrição:

- **Atraso do sensor:** debater a «inércia térmica». O sensor necessita de tempo para se adaptar a novas temperaturas.
- **Planeamento da missão:** no Mission Planner, criar uma missão de ponto único com patamares de altitude:
 1. Descolagem -> 2m -> **Loiter_Time 30s** (Deixar o sensor estabilizar).
 2. Subir -> 10m -> **Loiter_Time 30s**.
 3. Subir -> 30m -> **Loiter_Time 30s**.
 4. Subir -> 60m -> **Loiter_Time 30s**.
 5. **RTL**.

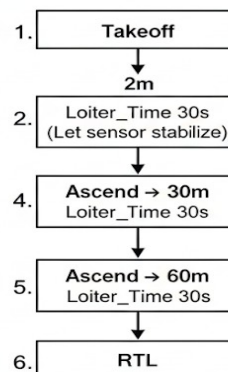


Sensor

Lag: Discuss "Thermal Inertia." The sensor needs time to adjust to new temperatures.

Mission Planning

In Mission Planner, create a single-point mission with altitude steps:



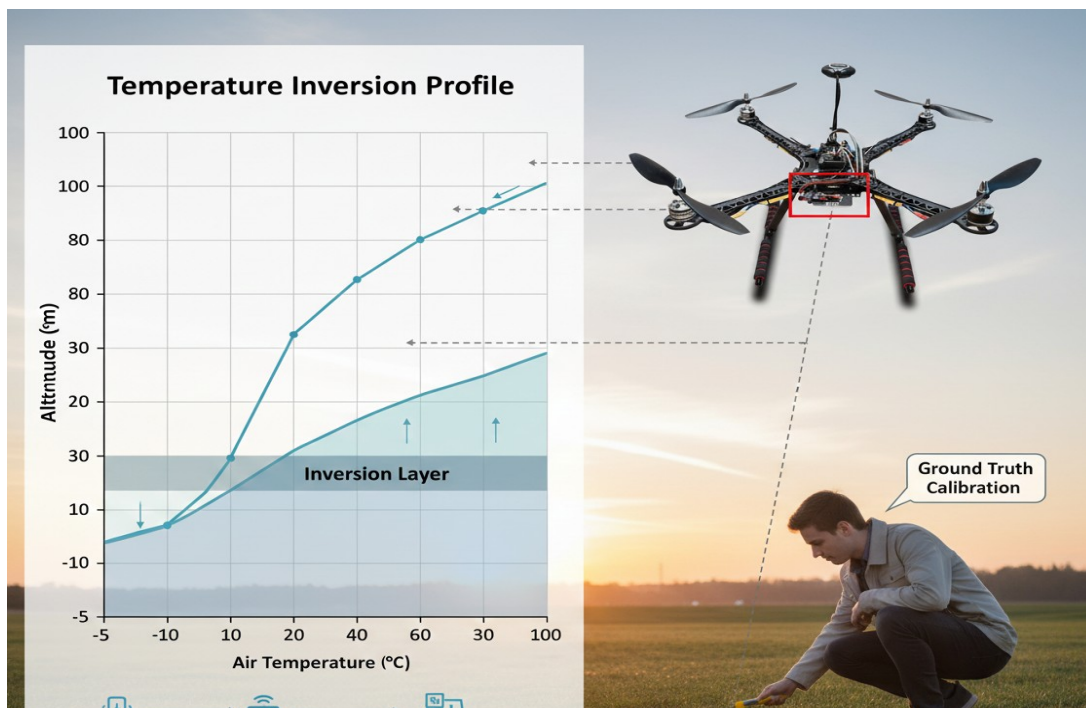
Fase 3 – Aplicação (Prática) Atividade prática:

1. **Momento:** **idealmente**, realizar logo após o nascer do sol, quando a inversão é mais forte.
2. **Execução:**
 - Ligar o drone e o NodeMCU Logger (Aguardar a aquisição do sinal GPS!).
 - Ativar o **modo AUTO**.
 - Monitorizar a altitude na telemetria.
 - *Verificação manual:* um aluno no solo regista a temperatura à superfície com um termómetro portátil para efeitos de calibração.
3. **Obtenção dos dados:** transferir o ficheiro CSV.

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**



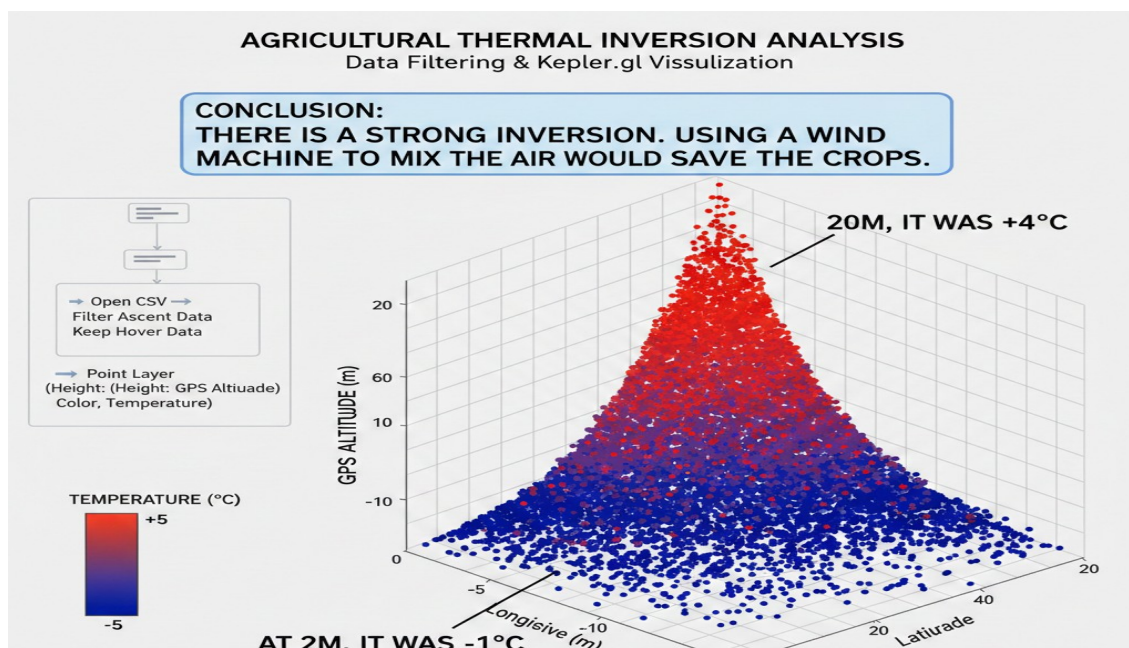
Fase 4 – Reflexão e consolidação (Kepler.gl) Apresentações dos grupos:

- Filtragem dos dados:** abrir o CSV. Filtrar os dados registados durante a *subida* (movimento rápido). Manter apenas os dados registados durante os períodos de voo estacionário (estáveis).
- Visualização no Kepler.gl:**
 - Importar dados.
 - Camada:** Ponto.
 - Altura:** Definir como Altitude GPS.
 - Cor:** Gradiente baseado na Temperatura (Azul = Frio, Vermelho = Quente).
- Análise:**
 - "A 2m, estavam -1°C. A 20m, estavam +4°C."
 - Conclusão:** "Existe uma forte inversão. A utilização de uma máquina eólica para misturar o ar permitiria salvar as culturas."

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



10. Critérios de avaliação

A. Questionários com perguntas fechadas ou abertas (Avaliação cognitiva)

Objetivo: Testar a compreensão dos conceitos meteorológicos e das limitações dos sensores.

- **Questionário 1: Termodinâmica e Meteorologia (Escolha múltipla)**
 - "O que é uma Inversão de Temperatura?" (Resposta correta: Uma camada em que a temperatura do ar aumenta com a altitude, retendo o ar frio por baixo).
 - "Porque é **que** o Ponto de Orvalho é fundamental para a previsão de geada?" (Resposta correta: Indica a temperatura à qual o vapor de água condensa; se for inferior a 0°C, forma-se geada).
- **Questionário 2: Dinâmica dos Sensores (Resposta curta)**
 - **Pergunta:** "Porque programámos o drone para pairar durante 30 segundos em cada patamar de altitude, em vez de voar continuamente?"
 - **Resposta esperada:** Para ter em conta a **Inércia Térmica (Atraso do Sensor)**. O BME680 precisa de tempo para atingir o equilíbrio com a temperatura do ar circundante, de modo a fornecer uma leitura precisa.
- **Questionário 3: Lógica da Missão**
 - "No Mission Planner, que comando é utilizado para fazer o drone esperar?" (Resposta: LOITER_TIME ou DELAY).

B. Ferramentas de autoavaliação (Aprendizagem reflexiva)

Objetivo: Incentivar os alunos a analisar criticamente o seu próprio desempenho no terreno.

- **O Cartão de Reflexão "Caçador de Geada":**
 - *Antes do Voo:* "Lembrei-me de calibrar o barómetro no solo (altitude zero) antes do voo?"

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

- *Durante o Voo:* "Monitorizei a altitude da telemetria para garantir que o drone atingiu efetivamente as alturas-alvo (5m, 10m, 30m)?"
- *Qualidade dos Dados:* "Ao observar o meu ficheiro CSV, as leituras de temperatura mantêm-se estáveis durante os períodos de voo estacionário ou apresentam oscilações?"

C. Protocolos de revisão pelos pares (Avaliação colaborativa)

Objetivo: Avaliar a coordenação da equipa durante o período crítico do início da manhã.

- **Grelha de Avaliação da Tripulação de Voo:**

- **Avaliação do Piloto:** O piloto executou a "Subida Vertical" suavemente? Minimizou a deriva horizontal para garantir um perfil verdadeiramente vertical?
- **Avaliação do Observador em Terra:** O observador utilizou o termómetro manual para registar a temperatura de "Referência no Terreno" a cada 5 minutos, para a comparar com os dados do drone?
- **Verificação de Segurança:** A equipa garantiu que a zona de aterragem estava livre de orvalho/humidade que pudesse provocar um curto-circuito na bateria NodeMCU/Lipo exposta?

D. Portefólios e resultados práticos (avaliação sumativa)

Objetivo: Avaliar a visualização final dos dados e o raciocínio científico.

- **1. O perfil da missão (captura de ecrã do Mission Planner):**

- **Aprovado:** Apresenta uma única coordenada de latitude/longitude com vários comandos «Change Altitude» e «Delay» dispostos pela ordem correta.
- **Reprovado:** Apresenta um percurso horizontal (mapeamento) em vez de uma sondagem vertical ou não inclui comandos de atraso.

- **2. Limpeza e tratamento de dados:**

- Os alunos devem entregar um ficheiro Excel/CSV no qual tenham **filtrado os** dados de «Ascent/Descent» (dados com ruído) e mantido apenas os dados de «Stable Hover».

- **3. O modelo atmosférico 3D (Kepler.gl):**

- **Requisito:** Uma coluna visual 3D (semelhante a uma torre) em que a cor representa a temperatura.
- **Indicador de sucesso:** O mapa apresenta claramente o gradiente (por exemplo, pontos azuis a 2m, que passam a pontos amarelos/vermelhos a 30m), comprovando que a camada de inversão foi detetada.

- **4. O relatório de «aconselhamento ao agricultor»:**

- Uma conclusão concisa baseada nos dados:
 - *Cenário A:* «Não foi detetada qualquer inversão. As máquinas de vento não serão úteis.»
 - *Cenário B:* «Foi detetada uma forte inversão (o ar está 4°C mais quente a 20m). Recomendação: **Ligar as máquinas de vento** para fazer descer o ar quente e misturá-lo com o ar junto às culturas.»

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. Materiais didáticos

- 1- **Software:** Mission Planner, Kepler.gl, Arduino IDE.
- 2- FLIGHT Kit (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	Descrição e utilidade	Ligação
Windy.com	Mapa meteorológico visual. Os alunos utilizam as camadas «Freezing Altitude» e «Wind» para prever as condições de inversão antes do voo.	windy.com
Guia da FAO sobre proteção contra geadas	O guia abrangente da Food and Agriculture Organization sobre «inversão térmica» e métodos de proteção passivos/ativos.	fao.org
Ficha técnica do Bosch BME680	Essencial para compreender o «tempo de resposta» e a «inércia térmica» do sensor (a razão pela qual o drone tem de pairar/aguardar).	bosch-sensortec.com
QGroundControl / Mission Planner	Tutorial sobre a configuração de comandos «Loiter_Time» (atraso) a altitudes específicas para a criação de perfis verticais.	qgroundcontrol.com
Kepler.gl (nuvem de	Guia	

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**

pontos 3D)	sobre como associar «Altitude» (eixo Z) a «Color» para visualizar a coluna vertical de temperatura.	kepler.gl
------------	---	---

13. Referências

Snyder, R. L., & de Melo-Abreu, J. P. (2005). *Frost Protection: fundamentals, practice and economics*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Vol. 1.

- (Context: The primary source for understanding "Temperature Inversion" and passive/active frost protection methods.)

Bosch Sensortec. (2021). *BME680 Data Sheet: Low power gas, pressure, temperature & humidity sensor*. Bosch Sensortec GmbH.

- (Context: Critical reference for understanding "Response Time" and calculating "Dew Point".)

ArduPilot Dev Team. (2024). *Mission Planning: Autonomous Missions for Copters*. ArduPilot Documentation. Retrieved from <https://ardupilot.org/>

- (Context: Reference for the autonomous flight logic and "Loiter/Delay" commands used in the vertical sounding.)

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (n.d.). *The JetStream: An Online School for Weather - Temperature Inversions*. National Weather Service.

- (Context: Educational source explaining the thermodynamics of why cold air sinks to the ground.)

Steeneveld, G. J., Wesseling, J. G., Seneviratne, S. I., & Holtslag, A. A. (2011). *Relation between soil moisture, temperature inversion and frost risk*. Agricultural and Forest Meteorology, 151(10).

- (Context: Advanced reading on how ground conditions affect the data collected by the drone.)

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