

3º Programa de Monitorização de Odores Atmosféricos Ecoparque da Abrunheira

Relatório Final - Síntese

2025



NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL
SCIENCES AND ENGINEERING



Título	3º Programa de Monitorização de Odores Atmosféricos Ecoparque da Abrunheira Relatório Final - Síntese
Data	Junho 2025
Equipa	Coordenação Prof. Doutor Francisco Ferreira (Prof. Associado no DCEA-NOVA-FCT) Equipa técnica: Paulo Pereira Sofia Teixeira  Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa  Associação para a Inovação e o Desenvolvimento da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa  Centro de Investigação em Ambiente e Sustentabilidade

Lista de Abreviaturas, Acrónimos e Siglas

A-21- Autoestrada número 21
BREF- Best Available Techniques Reference Documents
°C – unidade de temperatura grau Celsius
CH₄ – Metano
COV- Compostos Orgânicos Voláteis
D/T – Dilution/ Threshold- Diluição por Limiar
E- Rumo de vento de Este
EN- Eventos Naturais
ENE- Rumo de vento Este/Nordeste
ESSE- Rumo de vento de Este/Sudeste
ETAL- Estação de Tratamento de Águas Lixiviadas
H₂S- Sulfureto de Hidrogénio
IOMS – Instrumental Odour Monitoring System- Sistemas Instrumentais de Vigilância de Odor
JF- Junta de Freguesia
m- Unidade de medida métrica em metros
µg/m³ – Unidade de concentração micrograma por metro cúbico
mg/m³ – Unidade de concentração miligrama por metro cúbico
mm – Unidade de medida métrica em milímetros
m/s – Unidade de velocidade em metros por segundo
N- Rumo de vento Norte
NE- Rumo de vento Nordeste
NNE- Rumo de vento Norte/Nordeste
NNW – Rumo de vento de Norte/Noroeste
NW- Rumo de vento de Noroeste
NO₂- Dióxido de Azoto
NH₃- Amónia
PO- Paineis de Observadores
PM10- Partículas em suspensão de diâmetro inferior a 10 micrómetros
PM2,5 - Partículas em suspensão de diâmetro inferior a 2,5 micrómetros
S- Rumo de vento de Sul
SE- Rumo de vento de Sudeste
SSE- Rumo de vento de Sul/Sudeste
SSW- Rumo de vento de Sul/Sudoeste
SW- Rumo de vento de Sudoeste
VLE- Valor Limite de Emissão
W- Rumo de vento de Oeste
WNW- Rumo de vento de Oeste/Noroeste
WSW- Rumo de vento de Oeste/Sudoeste

Índice

1	RESUMO EXECUTIVO	1
2	INTRODUÇÃO.....	2
3	CONTEXTUALIZAÇÃO LEGAL	3
4	METODOLOGIA.....	4
4.1	Caracterização Meteorológica.....	4
4.2	Gestão do Sistema de Report de Odores Atmosféricos Ortelium	4
4.3	Monitorização de odores com recurso a olfatómetro de campo Nasal Ranger©	4
4.4	Monitorização de odores através de Instrumental Odour Monitoring Systems– Kunak Air Pro.....	4
4.5	Desenvolvimento de um modelo preditivo de odores atmosféricos.....	5
5	TIMELINE DE PROGRESSO.....	6
6	ANÁLISE DE RESULTADOS	7
6.1	Caraterização meteorológica.....	7
6.2	Gestão do sistema de <i>report</i> de odores atmosféricos Ortelium	8
6.3	Monitorização de odores com recurso a olfatómetro de campo	9
6.4	Monitorização de odores através de Instrumental Odour Monitoring Systems	11
7	DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO PREDITIVO DE ODORES ATMOSFÉRICOS	14
8	CONCLUSÕES	16
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17

Índice de figuras

Figura 1 – <i>Timeline</i> entre programas de monitorização de odores atmosféricos e respetivas ferramentas metodológicas aplicadas	6
Figura 2 – Registos de odores atmosféricos no Ortelium setembro2023- fevereiro 2025	8
Figura 3 – Resultados da monitorização de olfatometria de campo (setembro 2023 a fevereiro 2025)	9
Figura 4 – Geolocalização e número de medições positivas com olfatómetro de campo por tipo de odor	10
Figura 5 – Kunak Air Pro instalado nos locais Tratolixo Ecoparque (esquerda), Junta de Freguesia de Alcaíça (centro) e Tratolixo ETAL (direita)	11
Figura 6 – Concentrações médias dos compostos odoríficos avaliados nas duas campanhas de monitorização	12
Figura 7 – Concentrações médias de PM ₁₀ , PM _{2.5} e NO ₂ por local e campanha de monitorização	13
Figura 8 - Representação esquemática das condições de definição do modelo preditivo	15

Índice de tabelas

Tabela 1 – Identificação dos locais e períodos de medição com o equipamento Kunak Air Pro	11
Tabela 2 – Valores de referência para análise dos compostos odoríficos monitorizados pelo Kunak Air Pro .	12
Tabela 3 - Valores de referência para poluentes atmosféricos.....	13

1 Resumo executivo

O presente documento consiste no relatório final da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (através da Associação para a Inovação e o Desenvolvimento- NOVA.ID.FCT), para a Tratólixo-Tratamento de Resíduos Sólidos, E.I.M, S.A relativo ao desenvolvimento do 3º Programa de Monitorização de Odores Atmosféricos no Ecoparque da Abrunheira correspondente ao período temporal compreendido entre setembro de 2023 e fevereiro de 2025.

No que concerne à plataforma *Ortelium* e sua gestão, verificou-se, em resultado do esforço de apelo à participação do painel de observadores, a ocorrência de 52 registos de odor desde setembro de 2023 até fevereiro de 2025, maioritariamente efetuados em condições meteorológicas favoráveis à fraca dispersão (vento fraco e/ou humidade relativa elevada). Salienta-se que se registaram odores em apenas 42 dos 546 dias de ativação do Painel de Observadores, sendo que a maior parte destas observações foram localizadas em Alcaíça e foram do tipo “Couves podres/Ovos podres” e “Acre/Azeitonas”. O tipo de odor diagnosticado para as atividades da Tratólixo no Ecoparque da Abrunheira foi, desde o 1º Programa de Monitorização e de acordo com o estado da arte, “Acre/Azeitonas”.

Relativamente às medições realizadas com o olfatómetro de campo Nasal Ranger© foram efetuadas 35 avaliações quinzenais nos 19 pontos do mapa (18 locais mais o ponto de controlo Tratólixo), no período compreendido entre setembro de 2023 e fevereiro de 2025. A maioria das medições ocorreu na ausência de qualquer tipo de odor (81%). No que concerne às avaliações positivas ao tipo de odor a “Acre/Azeitonas” verificou-se que a sua maioria decorreu com intensidade ligeira e moderada (2 D/T e 4 D/T). Os locais onde mais frequentemente o odor foi detetado foram o ponto 2 (traseiras do Ecoparque da Abrunheira), o ponto 17 (A-21) e o ponto 18 (Alcaíça). Estima-se que o impacto de odor nos recetores sensíveis seja reduzido, uma vez que os resultados demonstram que a intensidade do odor percecionado é ligeiro a moderado, tendo em consideração os normativos internacionais.

No que concerne à utilização do Kunak Air Pro, importa referir, que a monitorização instrumental confirmou níveis de NH₃, COV, partículas e NO₂ abaixo dos limites legais ou de referência, e, embora se tenham registado pontualmente valores de H₂S acima do limiar de deteção olfativa, estes não representaram risco de exposição para a saúde humana.

Finalmente, foi desenvolvido um modelo preditivo de odores em ar ambiente, baseado num sistema de semaforização em quatro cores com medidas associadas para mitigar potenciais impactos através da análise do histórico de dados meteorológicos, de registos de odor do Painel de Observadores e dos resultados da olfatometria de campo, desde 2016 até ao momento.

2 Introdução

Os odores atmosféricos são um dos poluentes ambientais mais complexos de gerir, dado que a sua perceção depende da sensibilidade individual e das condições ambientais. A proximidade de comunidades ao Ecoparque da Abrunheira exige mecanismos de acompanhamento e comunicação eficazes, de modo a reduzir potenciais conflitos e promover a transparência. Este programa dá continuidade ao esforço da NOVA FCT e da Tratolixo em adotar práticas alinhadas com as melhores técnicas disponíveis (BAT – Best Available Techniques) e em aplicar metodologias reconhecidas internacionalmente. Para além da monitorização, pretendeu-se capacitar a comunidade para participar ativamente através da plataforma Ortelium, assegurando a integração da ciência cidadã na avaliação ambiental.

Mantendo como principal objetivo a continuação do acompanhamento, da medição e caracterização de potenciais ocorrências odoríficas, com vista à avaliação da fonte emissora referente ao Ecoparque da Abrunheira, bem como dos processos atmosféricos que contribuem para a perceção dos odores, a análise meteorológica dos dados recolhidos pela estação implantada no local de operações mantém-se como fundamental para a ação, permitindo aceder e conservar um histórico de parâmetros meteorológicos indispensáveis para a análise de todas as metodologias presentes neste programa de monitorização.

O horizonte temporal de implementação destas ações correspondeu a 18 meses de execução. A presente monitorização teve início em setembro de 2023 e terminou em fevereiro de 2025.

3 Contextualização legal

As perceções positivas de odores em ar ambiente são, geralmente, pouco reconhecidas pelos atores de governança, já que na maioria dos casos não existe obrigação legal para a regulação da poluição por odores. Este é o caso em Portugal, uma vez que não existe legislação específica para a esta temática em ar ambiente. Alguns avanços têm sido feitos na matéria, nomeadamente o artigo 9 do Decreto –lei nº 39 de junho de 2018, que estabelece o regime de prevenção e controlo das emissões de poluentes para o ar e transpõe a diretiva (UE) 2015/2193. Neste documento existe, pela primeira vez a referência à necessidade de uso de técnicas disponíveis em conjunto com a adoção de boas práticas de gestão para a eliminação e minimização de compostos odoríficos por parte dos operadores.

No entanto, ao nível da União Europeia e de outros países extracomunitários, esta temática encontra-se parcialmente regulamentada pela EN 13725: 2003 - “Qualidade do ar: Determinação da concentração de odores por olfatometria dinâmica”. Centrando-se na standardização de um método para a determinação objetiva da concentração de odor a partir de uma amostra gasosa, utiliza subjetivamente a olfatometria com recurso a um painel de assessores. Todavia este método apresenta um carácter dispendioso e apenas avalia amostras em laboratório através de um painel de assessores. Por este facto, alguns países europeus, para além da norma supracitada, já adotaram legislação específica e outras normas aplicáveis, como por exemplo, a Alemanha e o Reino Unido, os quais serviram de inspiração e linha condutora para a avaliação qualitativa e sensorial utilizada na presente investigação. Assim, a metodologia desenvolvida fundamenta-se essencialmente nas seguintes premissas:

- EN 13725:2003 referente a olfatometria dinâmica, mas aplicada para a olfatometria de campo;
- VDI 3940- parte 2 referente a inspeções de campo do método de medição da pluma com ou sem equipamento específico;
- UNE 77270 (Associação Espanhola de Normalização) Construção de mapas de odor colaborativos mediante ciência cidadã.
- Colorado (EUA): legislação específica sobre a exposição dos cidadãos aos odores através da utilização de olfatómetro de campo, a qual determina que:
 - A incomodidade de odores existe quando o odor é detetável em ar ambiente a partir de 7 diluições (≥ 7 D/T) junto a áreas residenciais, comerciais e recreativas;
 - Os odores são considerados excessivos quando detetáveis em ar ambiente a partir de 15 diluições (≥ 15 D/T) junto a operadores industriais.
 - Best Available Techniques Reference Document (BREF) para o sector do tratamento dos resíduos, 2018 nomeadamente o capítulo 2.3.5.1 referente às técnicas utilizadas para prevenção e controlo de odores e emissões difusas/fugitivas para o ar na parte considerada para o plano de gestão de odores.

4 Metodologia

4.1 Caracterização Meteorológica

- Avaliação do registo contínuo dos parâmetros meteorológicos (direção e intensidade de vento predominante, temperatura, humidade relativa e precipitação) através de uma estação meteorológica instalada no Ecoparque da Abrunheira de forma a inferir quanto ao grau de dispersão dos compostos odoríferos.

4.2 Gestão do Sistema de Report de Odores Atmosféricos Ortelium

- Ferramenta de ciência cidadã para registo online de perceções de odores.
- Utilizada por um **Painel de Observadores** (PO) voluntários para avaliação qualitativa de odores atmosféricos no seu local de residência/ trabalho.
- Avaliação do grau de dispersão de odores provenientes do Ecoparque da Abrunheira e o potencial impacte nos recetores sensíveis.

4.3 Monitorização de odores com recurso a olfatómetro de campo Nasal Ranger©

- Medição do impacte de odor na zona envolvente ao Ecoparque da Abrunheira através da realização de inspeções de campo recorrendo a um olfatómetro portátil para a quantificação das mesmas.
- Medições quinzenais em 35 dias realizadas em **19 pontos de medição**.
- Permitiu registar tendências espaciais e temporais de perceção.

4.4 Monitorização de odores através de Instrumental Odour Monitoring Systems– Kunak Air Pro

- Estação compacta de avaliação da qualidade do ar que permite a recolha contínua de dados e integração com parâmetros meteorológicos
- Nova metodologia europeia para a determinação da incomodidade de odores provenientes de fontes emissoras identificadas -IOMS -*Instrumental Odour Monitoring Systems*- sistemas instrumentais de vigilância de odor.
- Instalação em três locais: Ecoparque, ETAL e Junta de Freguesia de Alcaínça.
- Monitorização de **H₂S, NH₃, COV, CH₄, NO₂, PM₁₀ e PM_{2,5}**.

4.5 Desenvolvimento de um modelo preditivo de odores atmosféricos

- Desenvolvido com base em histórico (2016–2025) de dados meteorológicos e registos de odor em ar ambiente (painel de observadores e inspeções de campo).
- Sistema de **semaforização em 4 cores** (verde a vermelho), relacionando condições meteorológicas com risco de perceção de odores.
- **Ferramenta preventiva** para ajuste das operações do Ecoparque. Permite a análise da possível adequação de ações internas para promoção de uma maior transparência externa, com vista a uma redução do potencial impacte junto da comunidade vizinha do Ecoparque da Abrunheira.

5 Timeline de Progresso

A Figura 1 contextualiza os programas de monitorização anteriores, evidenciando as melhorias técnicas relevantes implementadas no Ecoparque da Abrunheira, nomeadamente as ocorridas em 2017, com o upgrade do sistema de desodorização da ETAL (lavagem química) e a instalação de uma estação meteorológica local. Esta figura destaca, ainda, a evolução da utilização de diferentes ferramentas metodológicas de avaliação de odores atmosféricos ao longo do tempo.

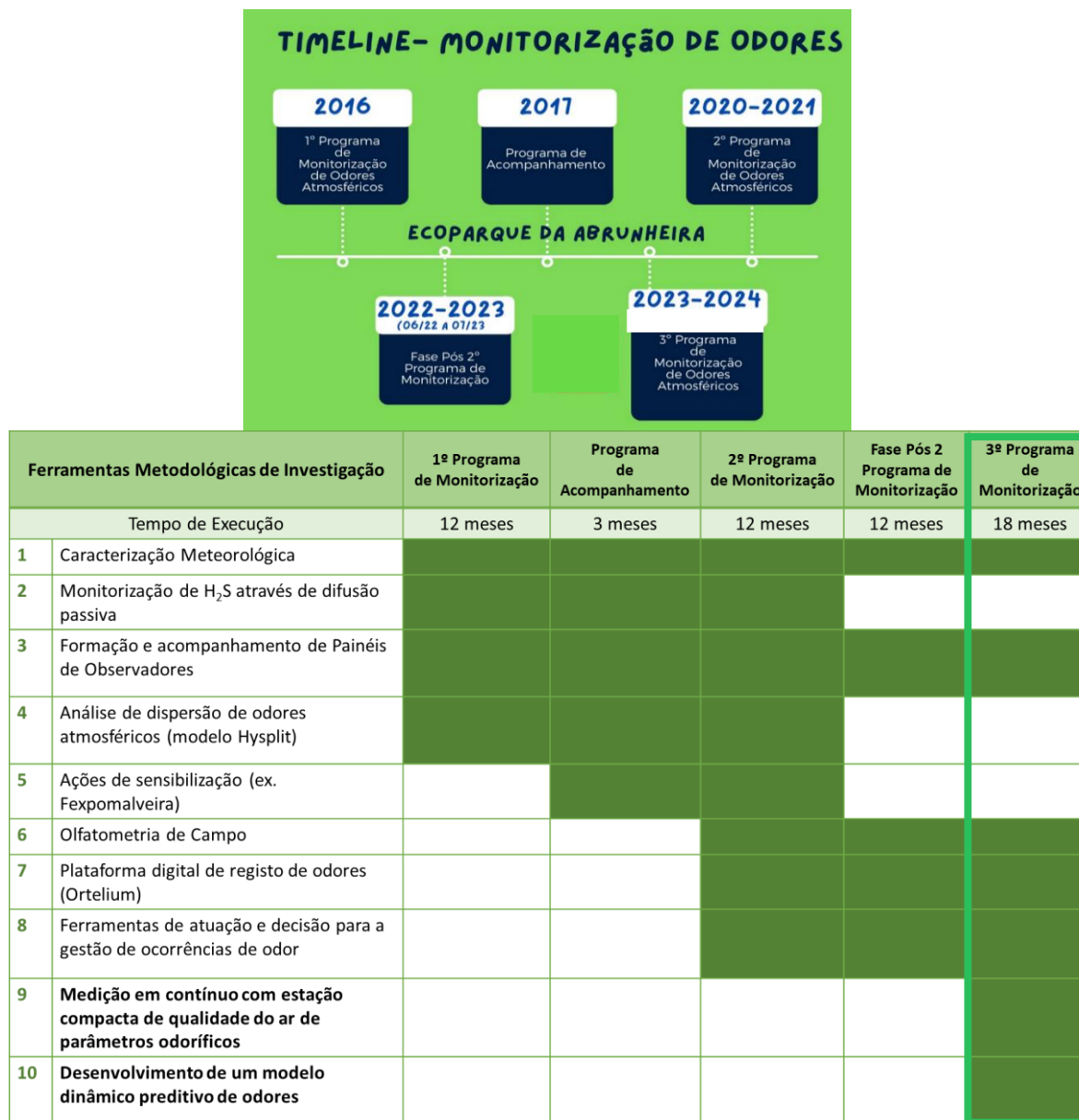


Figura 1 – Timeline entre programas de monitorização de odores atmosféricos e respetivas ferramentas metodológicas aplicadas

6 Análise de Resultados

6.1 Caracterização meteorológica

A caracterização meteorológica teve por base os dados recolhidos pela estação da Tratólixo instalada no Ecoparque da Abrunheira, no período temporal de setembro de 2023 até fevereiro de 2025 relativamente aos parâmetros temperatura, humidade relativa, velocidade do vento e precipitação.

No período em análise verificou-se:

- Temperatura média de 15°C
- Humidade relativa 86%.
- Precipitação- verificou-se que a quantidade acumulada foi superior entre janeiro e março de 2024, sendo o mês de março o que registou a maior quantidade de precipitação de todo o período analisado.
- Altura da camada de mistura- valores foram mais reduzidos (abaixo do limiar dos 750 m de altitude) nos meses de janeiro e fevereiro de 2024.
- Vento- de fraca intensidade (velocidade média de 1,0 m/s). O regime de ventos caracterizou-se, maioritariamente, por intensidades fracas, com predominância das direções provenientes dos quadrantes Oeste/Noroeste (W/NW) e Norte/Nordeste (N/NE). Verificou-se, adicionalmente, a ocorrência de fluxos secundários oriundos dos quadrantes Sul/Sudeste (S/SE), que contribuí para uma diminuição da perceção dos odores por parte dos recetores sensíveis localizados em posições predominantemente a sul da fonte emissora, uma vez que a pluma tende, nestas condições, a ser desviada para localizações pouco habitadas.

6.2 Gestão do sistema de *report* de odores atmosféricos Ortelium

Os registos do Painel de Observadores tiveram início em setembro de 2023 até fevereiro de 2025. Houve uma estratégia de reforço do número de elementos contactados para integração do Painel de Observadores, com o intuito de assegurar uma maior robustez dos dados do ponto de vista científico. Assim, o número de elementos contactados como potencialmente relevantes para integração do Painel de Observadores foram 29 fregueses.

- **52 registos válidos** (efetuados em 42 dias) num total de 546 dias de funcionamento do PO (~8%).
- Localização predominante: **Alcaíença e A21** (de acordo com a Figura 2)
- Tipos de odor reportados:
 - “Couves/Ovos podres” – **61%**.
 - “Acre/Azeitonas” – **29%**.
 - Intensidade “forte”
 - Grau de incomodidade “Muito Incómodo”
- Registos mais frequentes em **dias úteis** e nos períodos da **manhã e noite**, associados a vento fraco e elevada humidade. Verificou-se, ainda, a existência de uma relação concomitante entre vento fraco ou inexistente e maior frequência de registos de odor
- Comparando com programas anteriores:
 - Diminuição de 60% no número de registos.
 - Participação inferior, sugerindo **menor impacto social** atual.

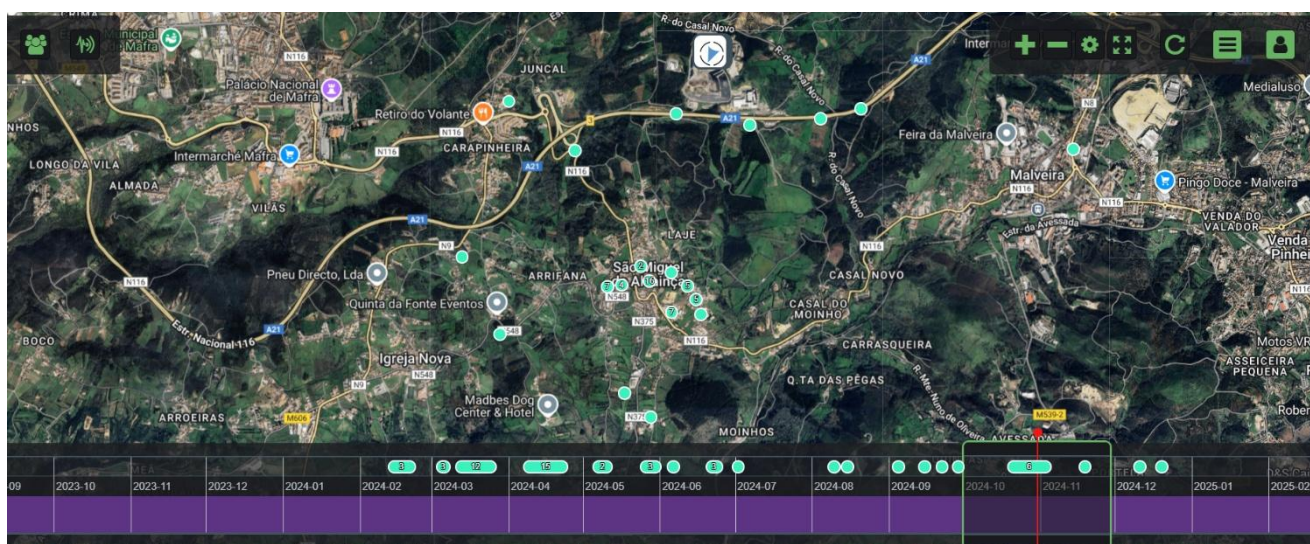


Figura 2 – Registos de odores atmosféricos no Ortelium setembro2023- fevereiro 2025

6.3 Monitorização de odores com recurso a olfatómetro de campo

No sentido da continuidade da monitorização de odores no terreno, foram realizados 35 dias de medição com o olfatómetro de campo Nasal Ranger®, de carácter quinzenal, pelas 19 localizações identificadas anteriormente (18 pontos de medição e 1 ponto de controlo), no período compreendido entre os meses de setembro 2023 até fevereiro de 2025.

- **665 medições** realizadas.
- **81% sem odor.**
- 128 medições positivas de odores entre as quais **66% do tipo de odor a “Acre/Azeitonas”**.
- Intensidade predominantemente do tipo de odor a “Acre/Azeitonas” **ligeira a moderada (2–4 D/T)** (Figura 3).
- Os locais onde o odor foi mais frequentemente detetado foram o ponto 2 (traseiras do Ecoparque da Abrunheira), o ponto 17 (A-21), o ponto 18 (em Alcaínça) e o ponto de controlo TratoLixo (Figura 4). Verificou-se, ainda, que o tipo de odor em análise não foi detetado nos pontos: 1, 5 e 6. Apesar de ter sido detetado em 16 dos 19 pontos de medição, o impacto da fonte emissora incidiu essencialmente nos recetores sensíveis localizados próximos dos pontos 2, 17 e 18.
- Apenas **5 medições atingiram 7 D/T**, valor a partir do qual é considerado incomodativo em zonas residenciais. No entanto, estas medições ocorreram em locais não residenciais.
- Nenhuma medição atingiu níveis classificados como **excessivos (>15 D/T)**.
- Impacto global considerado **reduzido e localizado**.

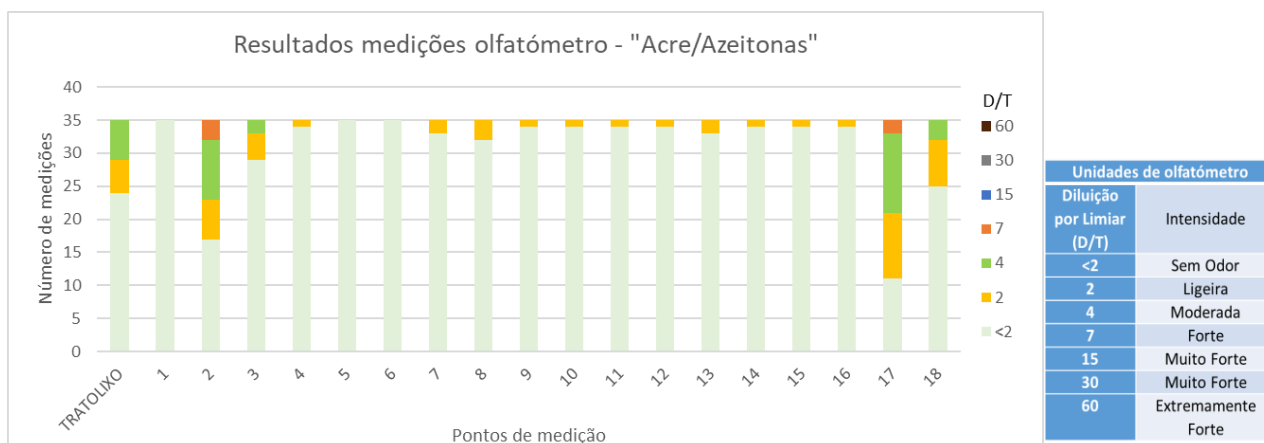


Figura 3 – Resultados da monitorização de olfatometria de campo (setembro 2023 a fevereiro 2025)

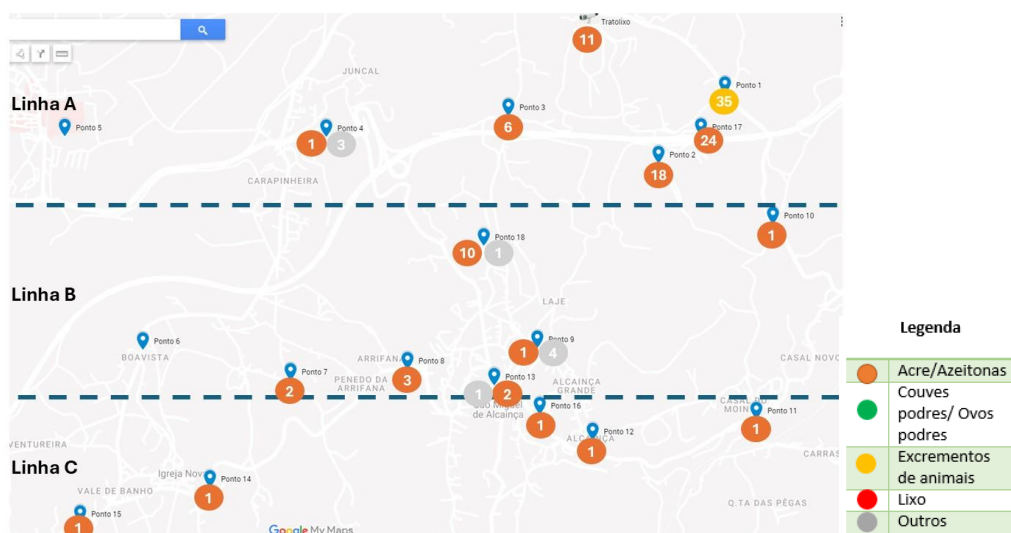


Figura 4 – Geolocalização e número de medições positivas com olfatómetro de campo por tipo de odor

6.4 Monitorização de odores através de Instrumental Odour Monitoring Systems

- Aplicação da metodologia de IOMS-Instrumental Odour Monitoring Systems através de sensor Kunak Air Pro em 3 localizações distintas: duas dentro do Ecoparque da Abrunheira e uma terceira na sua área envolvente conforme Tabela 1 e Figura 5.

Tabela 1 – Identificação dos locais e períodos de medição com o equipamento Kunak Air Pro

Localização	1ª campanha	2ª campanha
Tratolixo Ecoparque	19/12/2023 a 24/01/2024	27/06/2024 a 17/07/2024
Junta de Freguesia de Alcaínça	26/01/2024 a 01/02/2024	18/07/2024 a 02/08/2024
Tratolixo ETAL	02/02/2024 a 18/02/2024	03/08/2024 a 26/08/2024



Figura 5 – Kunak Air Pro instalado nos locais Tratolixo Ecoparque (esquerda), Junta de Freguesia de Alcaínça (centro) e Tratolixo ETAL (direita)

- NH_3 , COV, NO_2 e partículas ($\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2,5}$) sempre abaixo dos limites legais.
- H_2S : valores pontuais acima do limiar de deteção olfativa, sobretudo junto à ETAL, mas sem risco para a saúde humana.
- Concentrações globais dos compostos odoríferos consideradas baixas e expectáveis em ar ambiente.

A Tabela 2 indica os valores de referência para análise dos compostos odoríficos, de acordo com o Decreto-Lei 39/20218 de 11 de junho que legisla o Regime de Emissões para o Ar em Portugal, e de acordo com diretrizes para os mesmos compostos definidos pelo organismo de regulamentação OSHA dos Estados Unidos da América.

Tabela 2 – Valores de referência para análise dos compostos odoríficos monitorizados pelo Kunak Air Pro

Substância		Valor Limite de Emissão (quando aplicável) ¹⁾	Valor limiar de deteção em ar ambiente (quando aplicável) ²⁾
Amónia (ou amoníaco)	NH ₃	20 mg/m ³	3,48 mg/m ³
Sulfureto de Hidrogénio	H ₂ S	5 mg/m ³	0,76 µg/m ³
Metano	CH ₄	-	656 mg/m ³
Compostos Orgânicos Voláteis	COV	200 mg/m ³	Não disponível

1) Decreto Lei 39/2018 de 11 de junho, Regime de Emissões para o Ar

2) OSHA, Occupational Safety and Health Administration (USA)

De acordo com a análise da Figura 6 verificou-se o seguinte:

- Avaliando o composto H₂S, de acordo com a OSHA, o seu limiar de deteção olfativa situa-se em aproximadamente 0,76 µg/m³. Durante a 1ª campanha, apenas no ponto Tratolixo ETAL (local operacional), o odor característico atribuído ao H₂S seria detetável pela maioria das pessoas. Nos restantes locais, os valores estiveram abaixo do limiar de deteção tornando improvável a perceção olfativa generalizada;
- Quanto às concentrações médias de NH₃, ressalva-se que na 2ª campanha foram de tal forma reduzidas (entre 0,01 e 0,02 mg/m³) que não se tornam visíveis no gráfico;
- No que concerne aos COV, verificou-se que os valores obtidos são bastante inferiores quando comparados com o seu valor limite em termos de emissão.

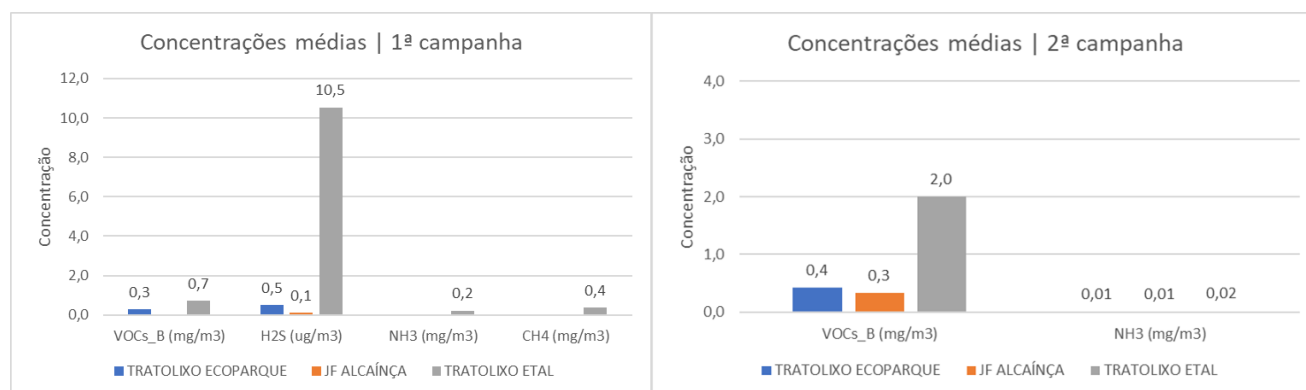


Figura 6 – Concentrações médias dos compostos odoríficos avaliados nas duas campanhas de monitorização

Efetuada uma avaliação completa da qualidade do ar verificou-se que:

- No que respeita às partículas em suspensão ($PM_{2,5}$ e PM_{10}) e dióxido de azoto (NO_2) (ver Figura 7), não ocorreram ultrapassagens aos valores limite legislados, conforme a Tabela 3;
- Comparando com os limites legais definidos pelo Decreto-Lei n.º 102/2010 (Tabela 3) verificou-se que todas as concentrações se encontravam dentro dos valores permitidos por lei.

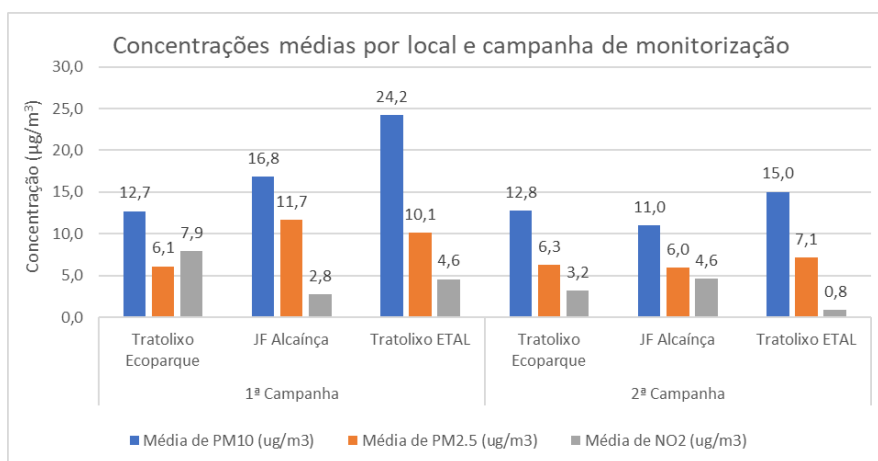


Figura 7 – Concentrações médias de PM_{10} , $PM_{2.5}$ e NO_2 por local e campanha de monitorização

Tabela 3 - Valores de referência para poluentes atmosféricos

Poluente		Valor Limite ¹⁾	Período
Partículas em suspensão de diâmetro inferior a 2,5 μm	PM 2,5	20 $\mu g/m^3$	Anual
Partículas em suspensão de diâmetro inferior a 10 μm	PM 10	50 $\mu g/m^3$	Diário
Dióxido de Azoto	NO_2	40 $\mu g/m^3$	Anual

1) Decreto Lei 47/2017 de 10 de maio, Regime de Avaliação e Gestão da Qualidade do Ar Ambiente

7 Desenvolvimento de um modelo preditivo de odores atmosféricos

Na sequência do desafio lançado pela TratoLixo, iniciou-se o desenvolvimento de um modelo preditivo de odores atmosféricos, tendo por base o histórico de dados recolhidos desde 2016. O projeto encontra-se em fase inicial, centrado na análise metodológica e na caracterização das condições que favorecem a perceção de odores. O modelo terá aplicação prática no próximo programa de monitorização de odores e será uma ferramenta essencial para a prevenção e mitigação de impactos junto das comunidades vizinhas do Ecoparque da Abrunheira.

A primeira etapa consistiu no cruzamento de registos de odor (obtidos por observadores e por olfatometria de campo) com os parâmetros meteorológicos registados em intervalos de 30 minutos.

- Período de análise: desde 2016 a fevereiro de 2025.
- Fontes de dados:
 - 321 registos de odor do Painel de Observadores;
 - 287 registos positivos com olfatómetro de campo (2019–2025).
- A partir de 2020, a utilização da plataforma Ortelium permitiu maior detalhe temporal (hora exata do registo).

A análise incluiu variáveis como dia da semana, hora do registo, temperatura, humidade relativa, velocidade e direção do vento. Os principais resultados obtidos foram os seguintes:

- **Distribuição temporal:** tendência ligeira para mais ocorrências à terça e quinta-feira; horários críticos entre **7h–8h** e **19h–20h**.
- **Condições meteorológicas típicas dos episódios de odor:**
 - Temperatura: 12–18 °C, associada a estações intermédias;
 - Humidade relativa: 71–90%, favorecendo retenção de partículas odoríferas;
 - Velocidade do vento: 0,4–1,7 m/s, condições fracas que dificultam a dispersão.
- **Direção do vento:** episódios mais frequentes com ventos de WNW (Oeste-Noroeste) e NNE (Norte-Nordeste), quase sempre de baixa intensidade (< 1,4 m/s).

Estes fatores conjugados criam condições pouco favoráveis à dispersão de poluentes, resultando na acumulação de odores próximos das fontes emissoras.

Com base nos resultados, foi delineada uma **matriz de quatro níveis (semaforização)** para indicar o grau de impacto potencial para implementação do modelo preditivo de odores:

- **Verde** – Sem impacto;
- **Amarelo** – Impacte reduzido;
- **Laranja** – Situação de alerta;
- **Vermelho** – Impacte elevado.

As variáveis determinantes são:

- Direção e velocidade do vento (critérios principais);
- Humidade relativa (fator de desempate entre laranja/vermelho);
- Temperatura (a integrar em versões futuras com previsão em tempo real).

A Figura 8 esquematiza a aplicação do modelo preditivo de acordo com as variáveis definidas.



Figura 8 - Representação esquemática das condições de definição do modelo preditivo

A análise histórica de 2016–2025 permitiu identificar as **condições meteorológicas mais favoráveis à perceção de odores** e fundamentar a construção de um modelo preditivo robusto e adaptado à realidade local. O sistema de semaforização constitui a base para uma gestão ambiental proativa, permitindo não só antecipar episódios de odor, mas também implementar medidas preventivas que assegurem a sustentabilidade do Ecoparque da Abrunheira e a melhoria da relação com a comunidade.

8 Conclusões

O presente relatório final integra o 3º Programa de Monitorização de Odores do Ecoparque da Abrunheira, desenvolvido pela equipa da NOVA FCT para a Tratolixo. A análise meteorológica mostrou regime de ventos fracos, sobretudo de W/NW e N/NE, com fluxos secundários de S/SE que poderão ter reduzido a perceção de odores a sul da fonte.

Com base no sistema Ortelium, os registos de odores ocorreram maioritariamente com vento fraco (1 m/s), de direção N/NE, condições favoráveis à acumulação de odores e perceção a sul/sudeste. No total, em 546 dias, registaram-se 42 dias com odores (52 ocorrências), descritos como “Couves/Ovos podres” e “Acre/Azeitonas”, sobretudo em S. Miguel de Alcaíña, com maior incidência à 3ª feira e sábado, de manhã e à noite. A intensidade foi classificada como “forte” e o incómodo como “muito incómodo”. Confirmou-se a relação entre meteorologia, localização e episódios de odor, reforçando a utilidade da metodologia.

Na olfatometria de campo (VDI 3940: Parte 2), 81% das medições não registaram odores. As positivas (19%) concentraram-se junto ao Ecoparque, A-21 e S. Miguel de Alcaíña, com valores ligeiros (2 D/T) e moderados (4 D/T). Apenas 0,8% superaram 7 D/T, abaixo do limiar de incomodidade definido no Colorado, sugerindo impacto reduzido e pontual.

A monitorização instrumental (Kunak Air Pro) indicou concentrações de NH₃, COV, PM₁₀, PM_{2.5} e NO₂ abaixo dos limites legais ou de referência, confirmando reduzido impacto ambiental. O H₂S excedeu pontualmente o limiar olfativo da OSHA (apenas no ponto ETAL, local operacional), sem risco para a saúde.

O modelo preditivo, desenvolvido a partir de dados de 2016-2025, identificou episódios odoríferos sobretudo em dias com temperaturas de 12–18°C, humidade de 71–90% e vento fraco (<1,7 m/s) de WNW e NNE. A partir destes parâmetros criou-se um sistema de semaforização de 4 cores, com medidas específicas de mitigação para cada situação.

Em síntese, os resultados confirmam que o impacto odorífero da Tratolixo é controlado, localizado e condicionado por fatores meteorológicos. A manutenção de boas práticas, o uso de ferramentas instrumentais e a aplicação do modelo preditivo são determinantes para uma gestão eficiente e preventiva do risco odorífero, garantindo o compromisso ambiental e a qualidade de vida das populações vizinhas.

9 Referências Bibliográficas

- Bliss P.J.; Schulz T.J.; Senger T.; Kaye R.B., (1996). *Odour measurement — factors affecting olfactometry panel performance*. Water Science and Technology (part 2), Elsevier;
- Both, R., Sucker, K., Winneke, G., Koch, E., (2004). *Odour intensity and hedonic tone—important parameters to describe odour annoyance to residents*. Water Science and Technology (v.50);
- Bokowa, A.; Diaz, C.; Koziel, J.A.; McGinley, M.; Barclay, J.; Schauburger, G.; Guillot, J.-M.; Sneath, R.; Capelli, L.; Zorich, V.; et al. (2021) *Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide*. Atmosphere 12 (2);
- Brinkmann, T. Both, R., Scalet, R., Roudier, S., Sancho, L. (2018). *JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED Installations*; EUR29261 EN; doi 10.2760/344197;
- Burgess, J., Parsons S.; Stuetz R., (2001). *Developments in odour control and waste gas treatment biotechnology: a review*. Biotechnology Advances (v.19), Elsevier;
- CEN (2003). *EN 13725: Air quality- Determination of odour concentration by dynamic olfactometry*. European Committee for Standardization;
- CEN (2016). *EN 16841-2: Determination of Odour in Ambient Air by Using Field Inspection: Plume Method*. European Committee for Standardization;
- Clean Air Strategic Alliance (CASA) (2015). *Good Practices Guide for Odour Management*, ISBN 978-1-896250-81-6;
- Colorado department of public health & environment, Air Quality Control Commission. Regulation Number 2 – Odor Emission. Colorado Code of Regulations, Reg. No. 2, Part A;
- DEFRA, (2010). *Odour Guidance for Local Authorities*, UK;
- Devos, M., Patte, F., Rouault, J., Laffort, P., van Gemert, L.J., (1990). *Standardized human olfactory threshold*. IRL Press, Oxford;
- Epstein, E. (2011). *Industrial Composting: Environmental Engineering and Facilities Management*. Taylor and Francis Group, LLC;
- Fast, T. (1992). *The relationship between the exposure to odours of several industrial activities and the odour annoyance*. Studies in Environmental Science (v.51), Elsevier;
- Giuliana S.; Zarra T.; Nicolas J.; Naddeo V.; Belgiorno V.; Romain A., (2012). *An alternative approach of the e-nose training phase in odour impact assessment*. Chemical Engineering Transactions (v.30), AIDIC;
- GOAA, (1999). *Guideline on odour in ambient air: Determination and Assessment of Odour in Ambient Air*;
- Gostelow, P.; Parsons S., (2000). *Sewage treatment works odour measurements*. Wat. Sci. Technol. (v.41);
- Gray, N. F. (2004). *Biology of Wastewater Treatment*, Volume 4. 2nd Edition. Imperial College Press;
- Harreveld V., (2001). *From odorant formation to odour nuisance: new definitions for discussing a complex process*. Water Science & Technology. (v.44);

- Howel, D. et al. (2003). *Public views on the links between air pollution and health in Northeast England*. Environmental Research (v.91, p. 163–171);
- Hyslop, N.P (2009). *Impaired visibility: the air pollution people see*. Atmospheric Environment (v. 43, p. 182-195);
- Lindvall, T., Radford, T.P., (1973). *Measurements of annoyance due to exposure to environmental factors*. Environmental Research (n.6);
- Mahin, T., Pope, R., McGinley, C., (2000). *When is smell a nuisance? An overview of different approaches taken around the world in setting odor-control regulations*. Water Environment and Technology (v.12);
- Miedema, H.; Walpot J.; Vos H.; Steunenbergh C.; (2000). *Exposure-annoyance relationships for odour from industrial sources*. Atmospheric Environment (v.34);
- Odortech, (2015). *Guia de caracterização de Odores em Portugal*;
- Pinasseau, A.; Zerger, B.; Roth, J.; Canova, M.; Roudier, S.; (2018) *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste treatment Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*. EUR 29362 EN. Publications Office of the European Union. Luxembourg. ISBN 978-92-79-94038-5, doi:10.2760/407967;
- Ph, V.; Harreveld V. (1999). *Odor Regulation and the History of Odor Measurement in Europe*. Odournet Editions;
- Stenlund, T., Lidén, E., Anderson, K., Garvill, J., Nordin, S. (2009). *Annoyance and health symptoms and their influencing factors: A population-based air pollution intervention study*. Public Health (v.123, 339-345);
- Wallace J.; Corr D.; Kanaroglou P., (2010). *Topographic and spatial impacts of temperature inversions on air quality using mobile air pollution surveys*. Science of Total Environment. Elsevier;
- Wypych G., (2013). *Mechanisms of odor formation and its transport*. ChemTec publishers;
- UNE 77270 (Asociación Española de Normalización)(2023), Construcción de mapas de olor colaborativos mediante ciencia ciudadana;
- VDI 3881, (1986). Olfactometry – determination of odour thresholds;
- VDI 3882-1, (1992). Olfactometry- Determination of Odour Intensity;
- VDI 3882- 21 (1994). Olfactometry- Determination of Hedonic Odour Tone;
- VDI 3883: 1993 – Avaliação da incomodidade de odores através de inquéritos;
- VDI 3940- 1, (2006). Medições do impacto de odores através de medições de campo-método de medições em grelha;
- VDI 3940- 2, (2006). Medição do impacto de odores através de medições de campo- método de medições de pluma;
- VDI 3940- 3, (2010), Medição do impacto de odores através de medições de campo- determinação da intensidade do odor e do tom hedónico;
- VDI 3940: 2010 – 3 NVN2818: 2005- Determinação da intensidade e qualidade de odores.