

Indicadores do solo e avaliação de risco; Avaliação dos riscos da Água (WRAP)

Nazaré Couto, Anabela Rebelo

Contaminação na Europa – a escala do problema

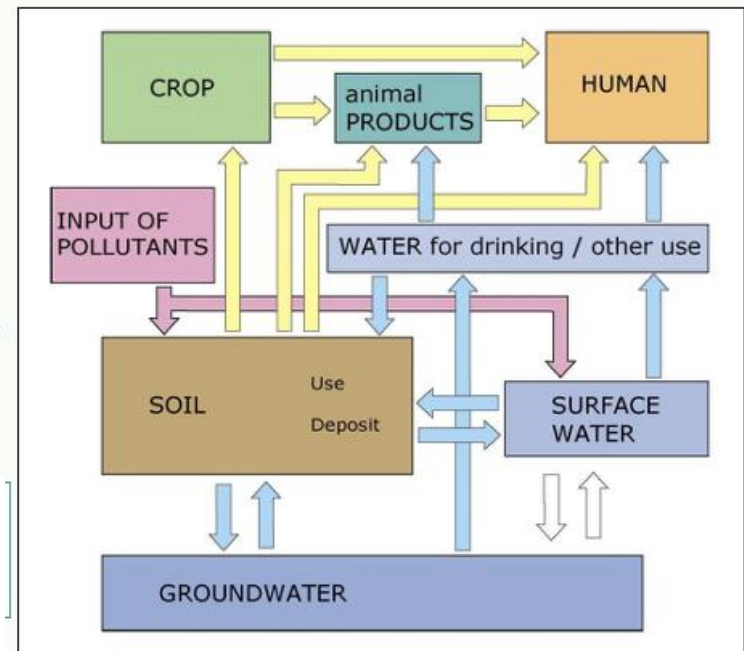
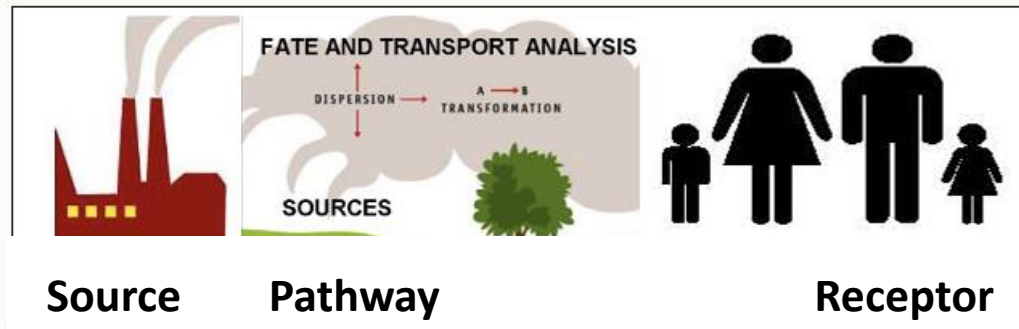
Na Europa, estima-se que cerca de 3 milhões de locais estejam potencialmente contaminados (ou 2,8 milhões apenas na UE). Destes, aproximadamente 19% (cerca de 300 000) requerem medidas de remediação ou redução de risco.

Estes valores evidenciam a dimensão da contaminação histórica e a necessidade urgente de estratégias de remediação integradas, que considerem simultaneamente o solo e a água.



FAO and UNEP. 2021. *Global assessment of soil pollution: Report*. Rome.
<https://doi.org/10.4060/cb4894e>

Contaminação – As ligações e como nos afeta

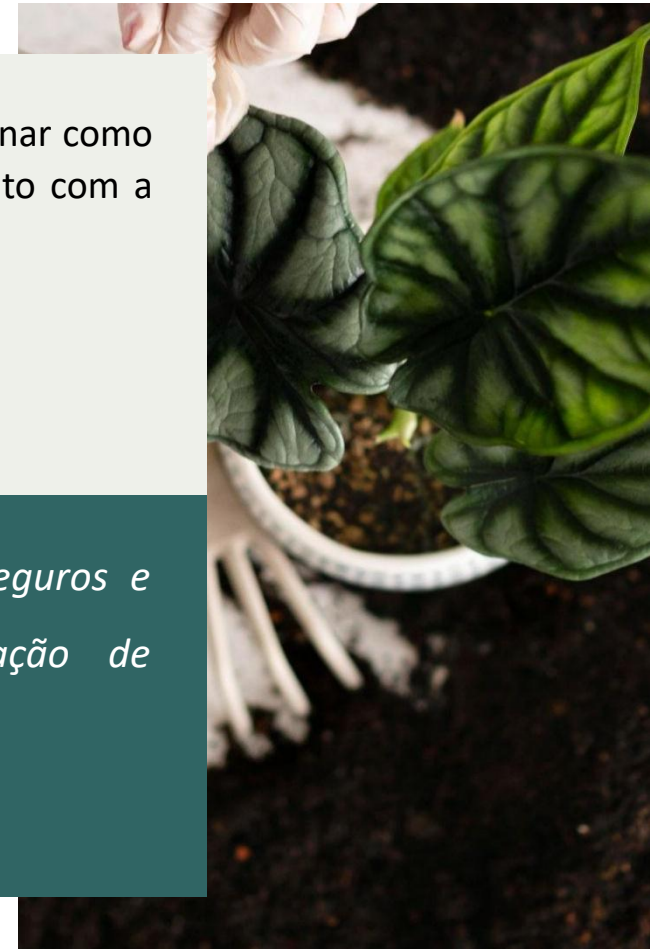


Avaliação dos Riscos Ambientais e para a
Saúde Pública

... e a Saúde do Solo

A “saúde do solo” corresponde à capacidade contínua do solo funcionar como um sistema vivo e fornecer serviços de ecossistema, em alinhamento com a Missão Solo da UE e a proposta de Lei de Monitorização do Solo.

Solos saudáveis contribuem para a produção de alimentos seguros e nutritivos e desempenham um papel essencial na filtração de contaminantes, protegendo a qualidade da água.







Descritores da Saúde do Solo

Avaliação dos descritores de saúde do solo mais relevantes (físicos, químicos e biológicos), considerando o uso do solo.



Físicos

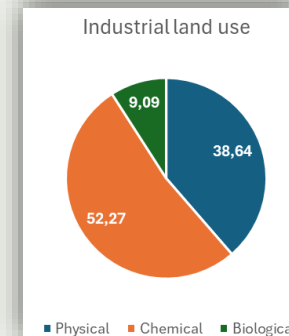
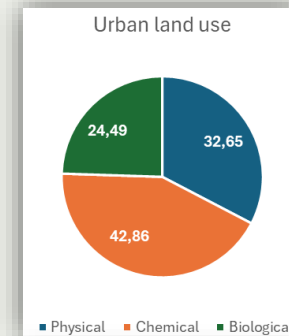
Textura
Densidade
Porosidade

Químicos

pH
Condutividade Elétrica
Conteúdo em matéria Orgânica
Presença de contaminantes

Biological

Biomassa microbiana
Biodiversidade
Respitação Basal



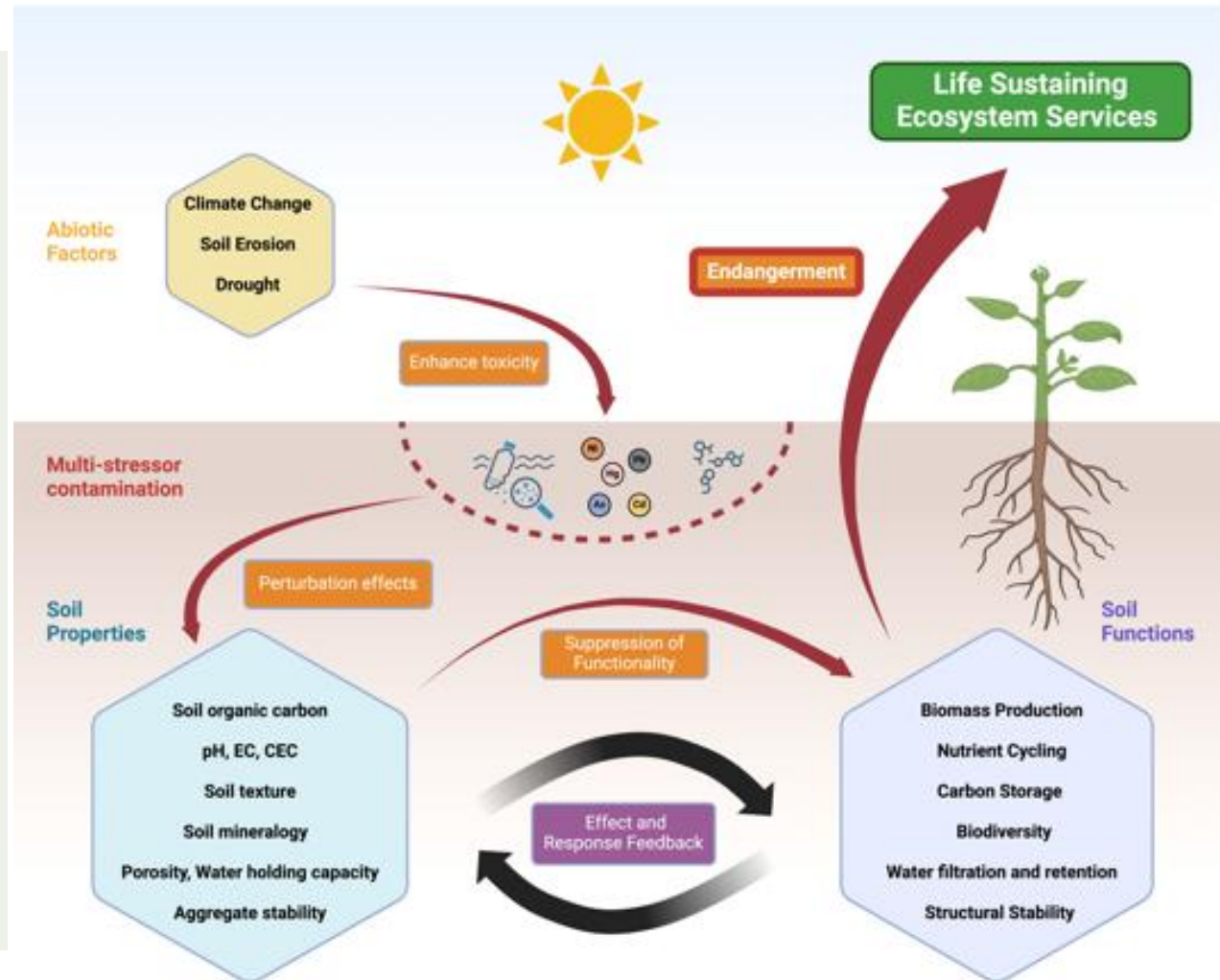
Os descritores de solo considerados relevantes no workshop da NICOLE

Dos descritores do solo aos serviços de ecossistema: o apoio à decisão

Os descritores do solo atuam como proxies mensuráveis das funções do solo

As funções do solo sustentam os serviços de ecossistema

A sua relevância depende do uso do solo e das estratégias de gestão



Dos descritores do solo aos serviços de ecossistemas: apoio à decisão



Descritor do Solo	Serviço de Ecossistema	Policy relevance
Carbono orgânico	Regulação climática, fertilidade do solo	Política climática, metas de sequestro de carbono
Biodiversidade / respiração	Ciclagem de nutrientes, resiliência do solo	Estratégia da Biodiversidade, Missão Solo
Concentrações de contaminante	Purificação da água, saúde humana	Lei de Monitorização do Solo, Diretiva-Quadro da Água
Estrutura do solo / densidade	Retenção de água, mitigação de cheias	Adaptação Climática, Gestão do Território
Rácio de nutrientes (N, P)	Produção alimentar, qualidade da água	Diretiva Nitratos, PAC

Descritores do solo

(pH, SOC, densidade aparente, contaminantes, biodiversidade)

Funções do solo

(ciclagem de nutrientes, regulação da água, habitat, capacidade tampão do solo)

Serviços de ecossistema

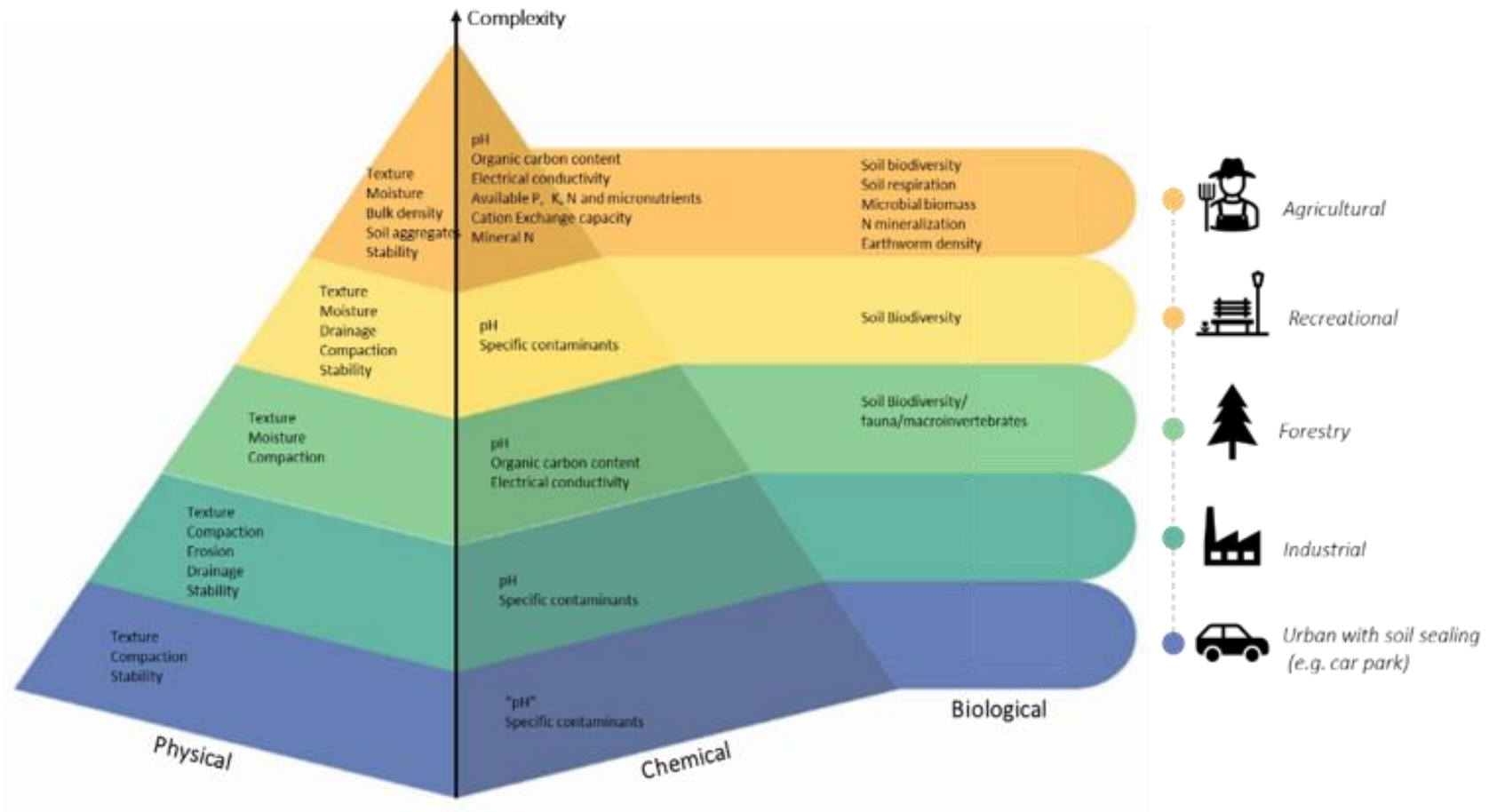
(produção alimentar, qualidade da água, regulação climática, resiliência)

Tomada de decisão

(prioridades de monitorização, gestão do risco, políticas)

Dos descritores do solo aos serviços de ecossistemas: apoio à decisão

Avaliação dos indicadores relevantes de saúde do solo (físicos, químicos e biológicos), em função do uso do solo

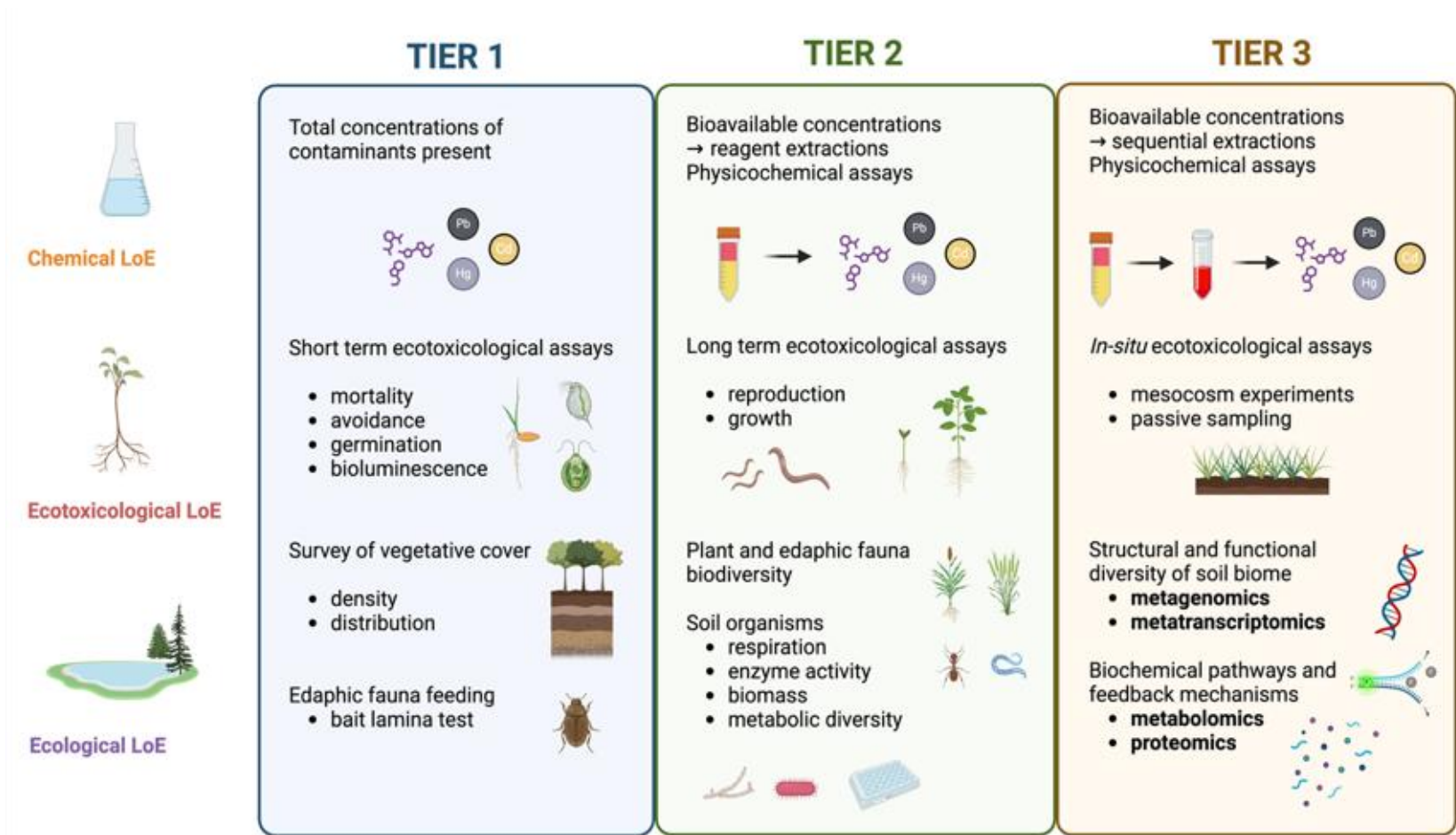


Dos descritores do solo aos serviços de ecossistemas: apoio à decisão



Land use	Plant growth	Nutrient cycling	Water storage & regulation	Water filtration	Carbon sequestration	Biological habitat	Erosion control	Buffering pH
Agricultural land	● SOC, pH, N	● SOC, N	● Bulk density	● Metals, pesticides	● SOC	● Earthworms	● Erosion rate	● pH, SOC
Forest & seminatural areas	● SOC, pH	● SOC, N	● Bulk density	● Metals	● SOC	● Biodiversity	● Erosion rate	● pH, SOC
Grasslands / pastures	● SOC, pH	● SOC, N	● Bulk density	● Nitrates	● SOC	● Earthworms	● Erosion rate	● pH
Wetlands	●	● SOC, N	● Water holding cap.	● Metals, organics	● SOC	● Microbial act.	● Erosion rate	● pH
Artificial surfaces	●	●	● Bulk density	● Metals, organics	●	●	● Sealing	● pH
Urban green areas	● SOC, pH	● SOC	● Bulk density	● Metals	● SOC	● Biodiversity	● Erosion rate	● pH
Industrial / contaminated sites	●	●	● Bulk density	● Metals, organics	●	●	● Erosion rate	● pH

Mas como abordar o risco?

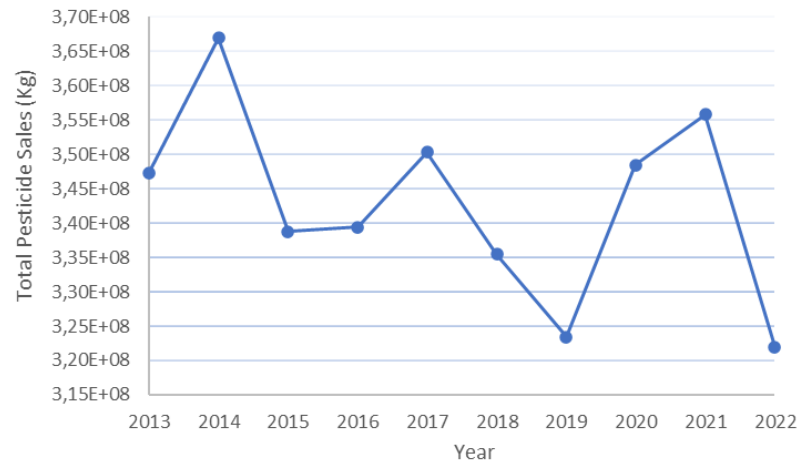


Visão geral dos protocolos atualmente utilizados na abordagem TRIAD, em níveis

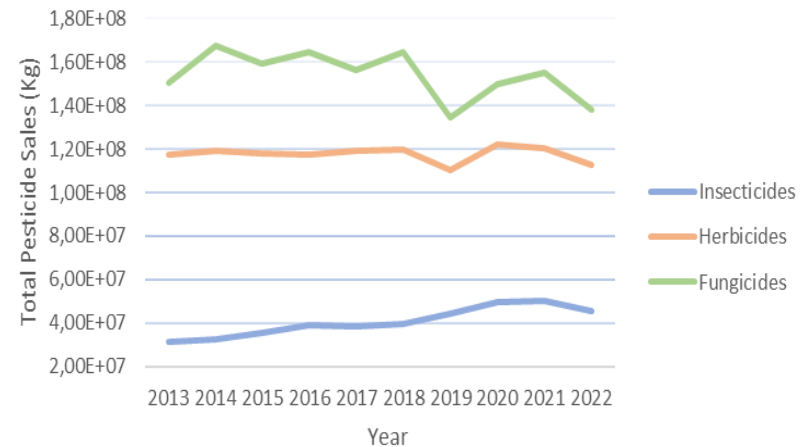
Exemplo da contaminação difusa

Agricultura e Pesticidas - Vendas

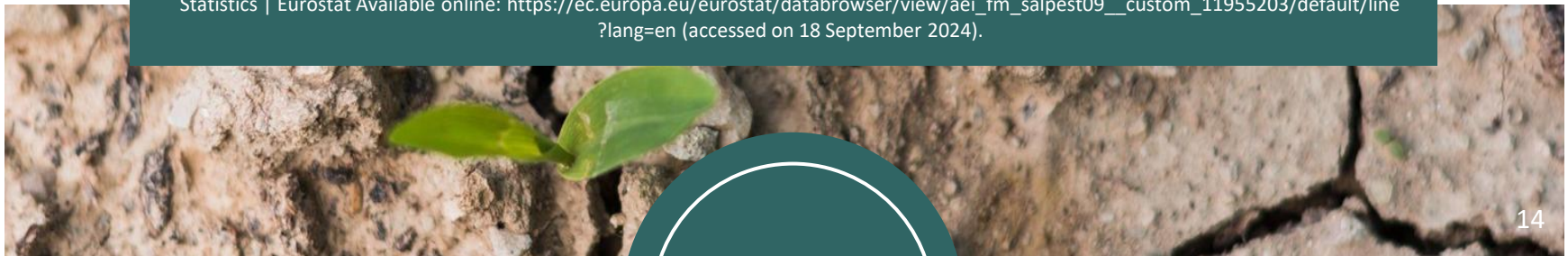
Annual Pesticide Sales across EU



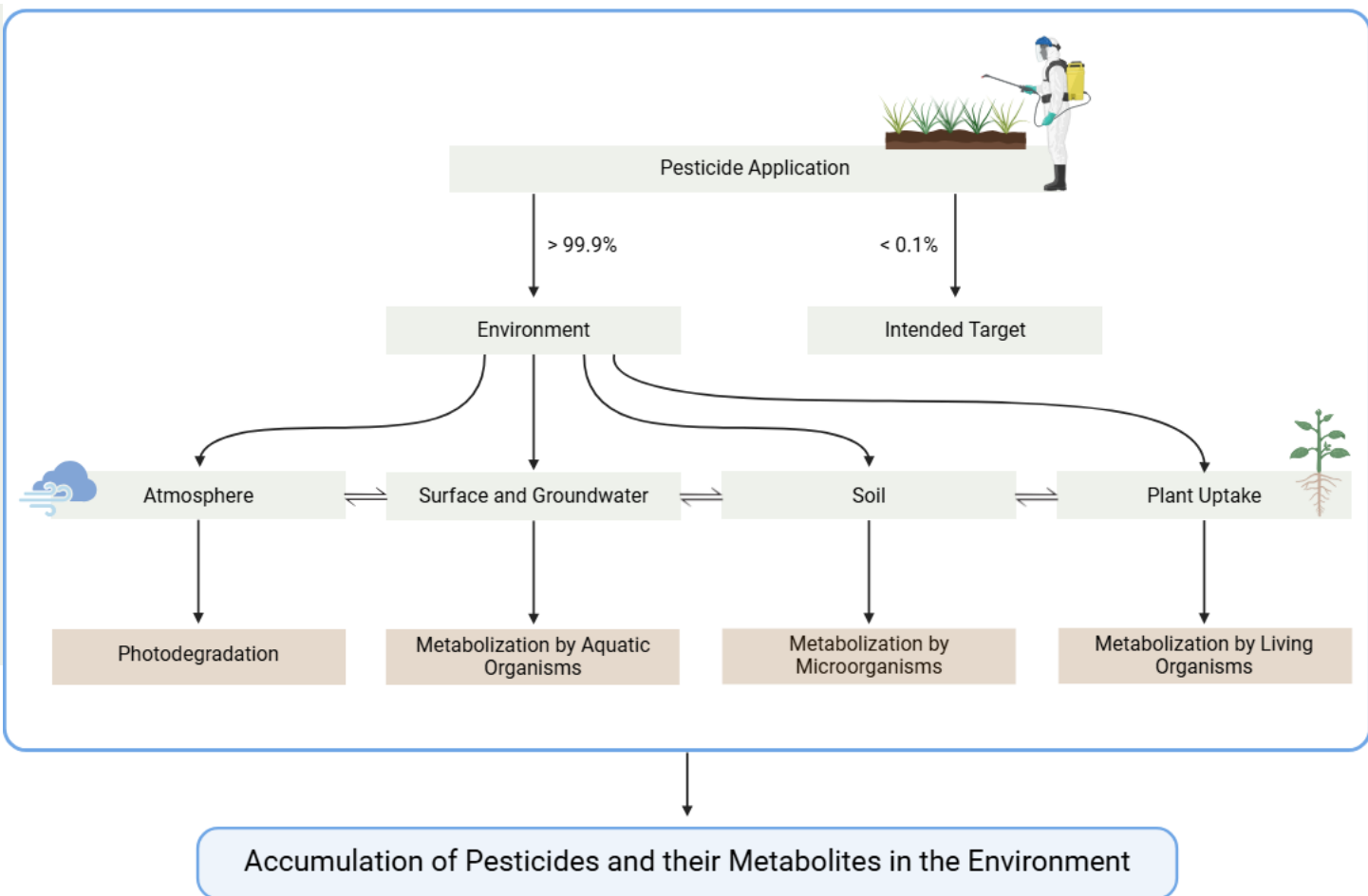
Annual Pesticide Sales Trends by Category



Statistics | Eurostat Available online: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/aei_fm_salpest09__custom_11955203/default/line?lang=en (accessed on 18 September 2024).



Principais vias de dispersão





Pesticidas e metabolitos

Os metabolitos são frequentemente menos tóxicos, mas:

Alguns podem ser mais tóxicos do que o composto de origem.

Outros podem apresentar maior mobilidade, aumentando o risco ambiental.

Vários metabolitos podem acumular-se em concentrações significativas.

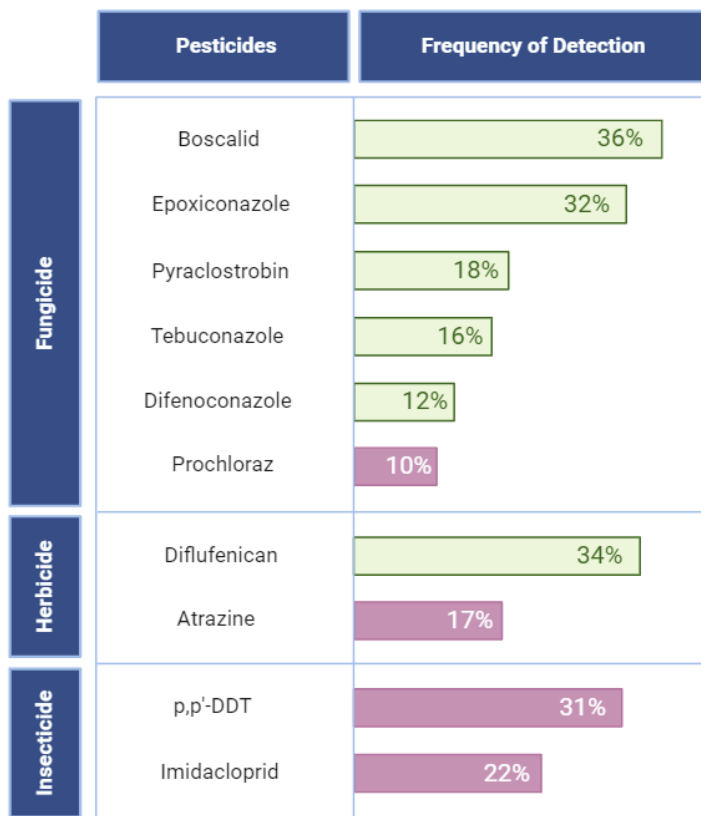
Slightly Hazardous Pesticides	DT50 (Days)	More Toxic Metabolites
 Malathion	1	Malaoxon 22 times more toxic from acute dietary exposure
Glyphosate	6.45	AMPA 65 $\mu\text{g L}^{-1}$ acute toxicity vs. 6500 $\mu\text{g L}^{-1}$ for glyphosate
Terbuthylazine	21.8	Deethylterbuthylazine
 Atrazine	29	Deethylatrazine

Example of pesticides and their respective DT50, Toxicity (WHO Classification) and metabolites with higher toxicity

Pesticidas na Europa – O que está nos nossos solos

TOP 10 pesticidas de preocupação na Europa

Review Data

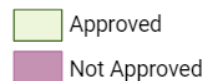


Práticas agrícolas passadas continuam a influenciar a qualidade do solo.

A regulamentação da venda de pesticidas não tem impedido a presença de substâncias não autorizadas nos solos da UE.

As substâncias atualmente autorizadas continuam a contribuir para a contaminação do solo → acumulação.

A regulação da venda de pesticidas, por si só, não é suficiente para prevenir a contaminação do solo



Oportunidades para ligar descritores do solo, serviços de ecossistema e políticas



Harmonização europeia: descritores do solo, limiares e reporte, permitindo a comparabilidade entre Estados-Membros.

Integração de dashboards e avaliação de risco: transição de indicadores estáticos para ferramentas dinâmicas orientadas para a tomada de decisão.

Descritores do solo como ferramentas operacionais: não apenas para reporte, mas também para apoiar a priorização, adaptada ao uso do solo e às suas funções.

Ciência cidadã e novos fluxos de dados: melhoria da cobertura espacial e reforço do envolvimento das partes interessadas.

Abordagens TRIAD evoluídas: integração das componentes química, ecotoxicológica e biológica, fazendo a ponte entre a avaliação científica e a implementação de políticas.



Dos indicadores à tomada de decisão

Implicações práticas para a gestão do solo e a política



Priorização de áreas contaminadas

Descritores do solo ligados às funções do solo e aos serviços de ecossistema apoiam a identificação de áreas com maior risco ambiental e social.

Apoio ao planeamento da remediação

Avaliações baseadas em descritores ajudam a definir objetivos de remediação, selecionar técnicas adequadas e avaliar a eficácia das intervenções.

Análise custo–benefício baseada em serviços de ecossistema

Ir além dos limiares de concentração de contaminantes permite integrar perdas e ganhos de serviços de ecossistema na tomada de decisão.

Implementação da Lei de Monitorização do Solo

As ligações entre descritores e funções do solo constituem uma via prática para operacionalizar os requisitos da SML a nível local, regional e nacional.





Nazaré Couto
md.couto@fct.unl.pt

1. D. Vieira; A. Franco; D. De Medici; J. Martin Jimenez; P. Wojda; A. Jones Pesticides Residues in European Agricultural Soils - Results from LUCAS 2018 Soil Module. **2023**, doi:10.2760/86566 (online).
2. Silva, V.; Mol, H.G.J.; Zomer, P.; Tienstra, M.; Ritsema, C.J.; Geissen, V. Pesticide Residues in European Agricultural Soils – A Hidden Reality Unfolded. *Science of the Total Environment* **2019**, *653*, 1532–1545, doi:10.1016/j.scitotenv.2018.10.441.
3. Geissen, V.; Silva, V.; Lwanga, E.H.; Beriot, N.; Oostindie, K.; Bin, Z.; Pyne, E.; Busink, S.; Zomer, P.; Mol, H.; et al. Cocktails of Pesticide Residues in Conventional and Organic Farming Systems in Europe – Legacy of the Past and Turning Point for the Future. *Environmental Pollution* **2021**, *278*, doi:10.1016/j.envpol.2021.116827.
4. Rösch, A.; Wettstein, F.E.; Wächter, D.; Reiningger, V.; Meuli, R.G.; Bucheli, T.D. A Multi-Residue Method for Trace Analysis of Pesticides in Soils with Special Emphasis on Rigorous Quality Control. *Anal Bioanal Chem* **2023**, *415*, doi:10.1007/s00216-023-04872-8.
5. Ukalska-Jaruga, A.; Smreczak, B.; Siebielec, G. Assessment of Pesticide Residue Content in Polish Agricultural Soils. *Molecules* **2020**, *25*, doi:10.3390/molecules25030587.
6. Acosta-Dacal, A.; Rial-Berriel, C.; Díaz-Díaz, R.; Bernal-Suárez, M. del M.; Luzardo, O.P. Optimization and Validation of a QuEChERS-Based Method for the Simultaneous Environmental Monitoring of 218 Pesticide Residues in Clay Loam Soil. *Science of the Total Environment* **2021**, *753*, doi:10.1016/j.scitotenv.2020.142015.
7. Manjarres-López, D.P.; Andrades, M.S.; Sánchez-González, S.; Rodríguez-Cruz, M.S.; Sánchez-Martín, M.J.; Herrero-Hernández, E. Assessment of Pesticide Residues in Waters and Soils of a Vineyard Region and Its Temporal Evolution. *Environmental Pollution* **2021**, *284*, doi:10.1016/j.envpol.2021.117463.
8. Pelosi, C.; Bertrand, C.; Daniele, G.; Coeurdassier, M.; Benoit, P.; Néliou, S.; Lafay, F.; Bretagnolle, V.; Gaba, S.; Vulliet, E.; et al. Residues of Currently Used Pesticides in Soils and Earthworms: A Silent Threat? *Agric Ecosyst Environ* **2021**, *305*, doi:10.1016/j.agee.2020.107167.
9. Pănescu, V.-A.; Bocoș-Bințișan, V.; Herghelegiu, M.-C.; Coman, R.-T.; Berg, V.; Lyche, J.L.; Beldean-Galea, M.S. Pollution Assessment with Persistent Organic Pollutants in Upper Soil of a Series of Rural Roma Communities in Transylvania, Romania, Its Sources Apportionment, and the Associated Risk on Human Health. *Sustainability* **2024**, *16*, doi:10.3390/su16010232.
10. Brühl, C.A.; Engelhard, N.; Bakanov, N.; Wolfram, J.; Hertoge, K.; Zaller, J.G. Widespread Contamination of Soils and Vegetation with Current Use Pesticide Residues along Altitudinal Gradients in a European Alpine Valley. *Commun Earth Environ* **2024**, *5*, 72, doi:10.1038/s43247-024-01220-1.
11. Medić Pap, S.; Popović, B.; Stojić, N.; Danojević, D.; Pucarević, M.; Červenski, J.; Šperanda, M. The Environmental Issue of Pesticide Residues in Agricultural Soils in Serbia. *International Journal of Environmental Science and Technology* **2023**, *20*, 7263–7276, doi:10.1007/s13762-022-04424-0.
12. Tsiantas, P.; Karasali, H.; Pavlidis, G.; Kavasilis, S.; Doula, M. The Status of Organochlorine Pesticide Contamination in Greek Agricultural Soils: The Ghost of Traditional Agricultural History. *Environmental Science and Pollution Research* **2023**, *30*, 117654–117675, doi:10.1007/s11356-023-30447-2.
13. Claus, G.; Spanoghe, P. Quantification of Pesticide Residues in the Topsoil of Belgian Fruit Orchards: Terrestrial Environmental Risk Assessment. *Pest Manag Sci* **2020**, *76*, 3495–3510, doi:https://doi.org/10.1002/ps.5811.
14. Tsiantas, P.; Bempelou, E.; Doula, M.; Karasali, H. Validation and Simultaneous Monitoring of 311 Pesticide Residues in Loamy Sand Agricultural Soils by LC-MS/MS and GC-MS/MS, Combined with QuEChERS-Based Extraction. *Molecules* **2023**, *28*, doi:10.3390/molecules28114268.
15. Giovanni Caria Baghdad Ouddane, S.N.N.P.; Froger, C. Liquid Chromatography - High-Resolution Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry Analysis of Pesticides in French Agricultural Soils. *Int J Environ Anal Chem* **2023**, *0*, 1–18, doi:10.1080/03067319.2023.2277881.
16. Knuth, D.; Gai, L.; Silva, V.; Harkes, P.; Hofman, J.; Šudoma, M.; Bilková, Z.; Alaoui, A.; Mandrioli, D.; Pasković, I.; et al. Pesticide Residues in Organic and Conventional Agricultural Soils across Europe: Measured and Predicted Concentrations. *Environ Sci Technol* **2024**, *58*, 6744–6752, doi:10.1021/acs.est.3c09059.
17. Froger, C.; Jolivet, C.; Budzinski, H.; Pierdet, M.; Caria, G.; Saby, N.P.A.; Arrouays, D.; Bispo, A. Pesticide Residues in French Soils: Occurrence, Risks, and Persistence. *Environ Sci Technol* **2023**, *57*, 7818–7827, doi:10.1021/acs.est.2c09591.
18. Pérez-Mayán, L.; Ramil, M.; Cela, R.; Rodríguez, I. Multiresidue Procedure to Assess the Occurrence and Dissipation of Fungicides and Insecticides in Vineyard Soils from Northwest Spain. *Chemosphere* **2020**, *261*, 127696, doi:https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127696.



Projeto

“Avaliação do Risco para a Água”



- Águas para consumo humano
- Águas residuais urbanas
- Reutilização de água
- Emissões industriais
- Crimes ambientais

Nova legislação
UE (diretivas)

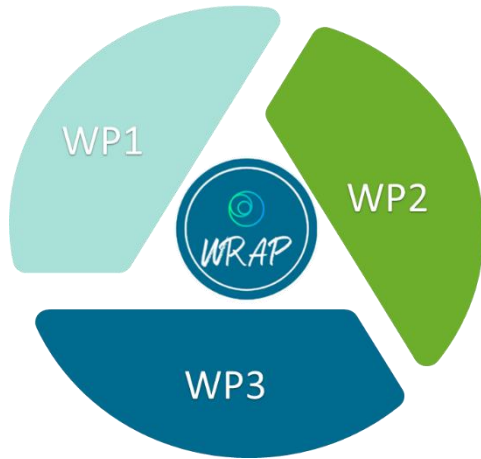
Tendência

- Utilização de abordagens de avaliação do risco



Funded by the
European Union

Objetivos



**1 Projeto:
3 Work Packages**

WP1 – Wastewater in Natural Environment (WiNE) – Fase 4

- Identificação das melhores práticas para a avaliação do risco relativo à reutilização da água ao abrigo do Regulamento (UE) 2020/741
- Cumprimento de requisitos legais e/ou promoção de diferentes práticas de reutilização utilizando o Índice de Circularidade da Água*

* O Índice de Circularidade da Água (I_c) foi desenvolvido (fases 1 & 2 do WiNE) para apoiar a transição para a economia circular: Instrumento para medir a circularidade de um determinado processo ou instalação

WP2 – Catchment Areas Risk Assessment (CARA)

Aprofundar os conhecimentos em matéria de avaliação do risco:

- Zonas de acumulação de micropoluentes (descargas de águas residuais urbanas e industriais)
- Zonas de captação para pontos de captação de água destinada ao consumo humano ou à rega

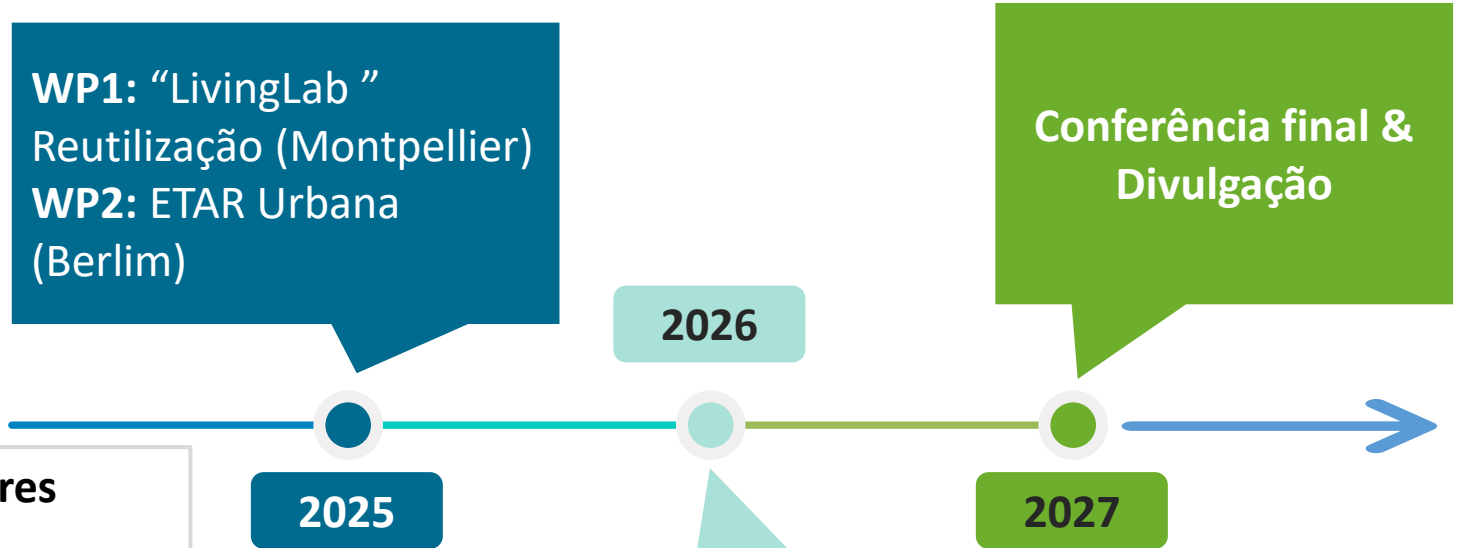
Pacote de trabalho 3 – Water Damage key Assessment (WDKA)

- Partilhar com outros membros IMPEL a metodologia desenvolvida em Portugal** para medição da magnitude dos danos causados à água e avaliar a possibilidade de parâmetros/métricas comuns (e.g., solos)

** Índice técnico-científico de esclarecimento do ilícito



Principais atividades



Projetos anteriores

- Utilização de conhecimentos e produtos dos projetos 2017-2024 (abordagem integrada da água & WiNE 1, 2 & 3)

WP1: Centro Experimental de Novas Tecnologias da Água (Sevilha)

WP2: (a confirmar)

WP3: Workshop (Terceira)

Conferência final & Divulgação

Produtos finais

- Documentos de orientação
- Ferramentas:**
- Módulo de formação em avaliação do risco (a divulgar no “Programa de Conhecimento e Informação”)
 - *Checklists*



Autocontrolo em licenças de água

Self-Monitoring in Water Permits (SMWP)



Base

Workshop
(Berlim,
Alemanha)

2026

Workshop
final

2025

Workshop
(Corfu,
Grécia)

2027

- Descarga de águas residuais (domésticas, urbanas e industriais, incluindo instalações PCIP e não PCIP)
- Captação de água
- Reutilização de água

Produto final

- Documento de orientação contendo mecanismos, procedimentos, boas práticas e/ou *check-lists* para melhorar a fiabilidade do autocontrolo

Recolha de informação/dados: através de questionário a disponibilizar brevemente



Funded by the
European Union



Contatos

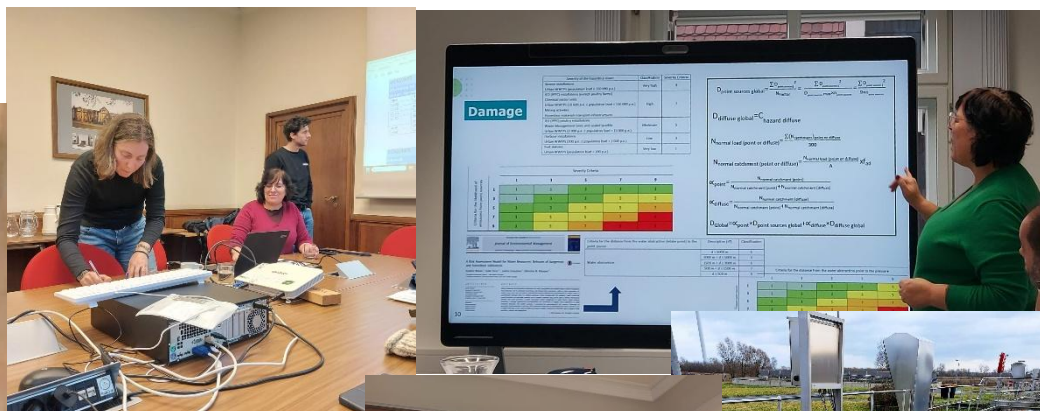


Contatos (Gestoras de Projeto):

Genève farabegoli, ISPRA-Italia: geneve.farabegoli@isprambiente.it

Anabela Rebelo, APA, IP – Portugal: anabela.rebelo@apambiente.pt

Self-Monitoring
in Water Permits





Thank you!