

Plantas e monitoramento da qualidade do ar.

CATEGORIA

Artigo

CITAÇÃO

Oliveira, R. L. *et al.* (2024)
Plantas e monitoramento da qualidade do ar,
Rev. Ciência Elem., V12(04):035.
doi.org/10.24927/rce2024.035

EDITOR

João Nuno Tavares
Universidade do Porto

EDITOR CONVIDADO

J. M. B. Lopes dos Santos
Universidade do Porto

RECEBIDO EM

20 de dezembro de 2023

ACEITE EM

14 de maio de 2024

PUBLICADO EM

15 de dezembro de 2024

COPYRIGHT

© Casa das Ciências 2024.
Este artigo é de acesso livre,
distribuído sob licença Creative
Commons com a designação
[CC-BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), que permite
a utilização e a partilha para fins
não comerciais, desde que citado
o autor e a fonte original do artigo.

rce.casadasciencias.org



Ricardo Larroyed de Oliveira, Fábio Voigt da Costa, João Carlos Ferreira de Melo Junior

PPGMSA/ PPGPCS/ U. Região de Joinville

A poluição atmosférica representa um desafio à saúde humana, contribuindo anualmente para milhões de mortes prematuras. Neste cenário, as plantas surgem como sentinelas silenciosas, oferecendo uma perspectiva ecológica e economicamente viável para entender, monitorar e combater esse problema. A capacidade das plantas em absorver gases tóxicos e poluentes do ar, bem como seu papel como bioindicadores, torna-as aliadas na luta contra a poluição.

A poluição do ar é um problema global que afeta a saúde de todos, sendo responsável por cerca de 4,2 milhões de mortes prematuras em todo o mundo. É o segundo maior fator de risco para doenças não transmissíveis, com destaque para as doenças cardíacas, acidente vascular cerebral, câncer de pulmão e problemas respiratórios graves¹. Para entender como a poluição do ar afeta a saúde humana, os cientistas geralmente utilizam métodos complexos, que envolvem análises físicas e químicas com o uso de máquinas para filtrar o ar². No entanto, as plantas também podem fornecer informações importantes sobre a poluição do ar. Quando expostas a poluentes, as plantas podem adoecer, exibir sinais de injúria ou simplesmente acumular os poluentes manifestando macroscopicamente, ou apenas microscopicamente seus efeitos³. Essas alterações são identificáveis e podem ser usadas como ferramentas para sinalizar áreas poluídas. Esta abordagem, conhecida como monitoramento biológico ou biomonitoramento, é mais econômica e ecológica, já que as plantas são, de forma geral, extremamente sensíveis e responsivas à poluição⁴.

As plantas têm a capacidade de absorver gases nocivos, como dióxido de carbono e dióxido de enxofre, além de outros poluentes como os metais pesados. Embora a maioria das plantas seja sensível aos metais pesados, algumas conseguem crescer mesmo em locais muito contaminados, porque desenvolveram maneiras de evitar que esses metais prejudiquem seu crescimento e reprodução. Essas plantas resistentes aos metais pesados, utilizam estratégias como imobilizar esses metais na parede celular, bloquear a sua entrada nas células ou criar substâncias que os neutralizam. Além disso, as plantas também podem armazenar esses metais em partes específicas de tecidos e células ou expulsá-los ativamente. Esses mecanismos ilustram a sua capacidade de sobrevivência ou resistência, mesmo em ambientes muito poluídos por metais pesados⁵.

O biomonitoramento com o uso de plantas para avaliar a qualidade do ar, pode ser realizado por dois tipos de métodos: passivo e ativo⁶. No método passivo observam-se plantas que crescem naturalmente em uma área, sendo este método mais utilizado para observar impactos de longo prazo⁶. No método ativo, realiza-se o transplante de plantas cultivadas em ambientes controlados, como estufas, para uma determinada área que poderá estar contaminada. Nesse método, é possível padronizar e monitorar os organismos transplantados, controlar o tempo de exposição e a distribuição geográfica das plantas⁷. Essas características permitem o de-

envolvimento de índices atmosféricos com base nas alterações observáveis nas plantas e na concentração de agentes poluentes dentro e fora das plantas⁴.

Diversas espécies de plantas podem ser utilizadas no biomonitoramento de acordo com suas características, tais como a capacidade de bioacumulação de substâncias químicas e a habilidade de indicar a presença ou ausência de poluentes⁴. No Brasil, cientistas observaram que plantas nativas da Mata Atlântica apresentam alterações em sua morfoanatomia e fisiologia quando expostas a agentes poluentes, tais como redução da massa e espessura das folhas, perda de tecido fotossintético, alterações estomáticas, diminuição dos níveis de clorofila, entre outros. Essas modificações indicam a presença de agentes poluentes, tornando essas plantas indicadoras de poluentes atmosféricos⁸. As folhas têm a capacidade de captar e acumular diretamente poluentes do ar (FIGURA 1), incluindo o material particulado⁹, que é composto por uma mistura de partículas sólidas microscópicas e gotículas líquidas suspensas no ar¹⁰.

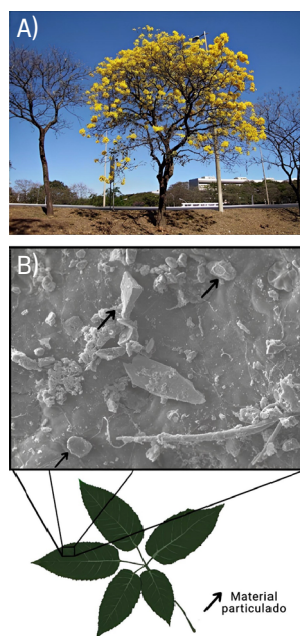


FIGURA 1. A) *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex A.DC.) Mattos (Bignoniaceae). B) Eletromicrografia de material particulado registrado por microscopia eletrônica de varredura na superfície foliar do ipê (*Handroanthus chrysotrichus* – Bignoniaceae). Ampliação: 300 vezes. Fotos: A) Maurício Mercadante. B) Laboratório de Morfologia e Ecologia Vegetal - Univille. Arte: Louise Nardelli de Oliveira.

Em Portugal, também foram conduzidos estudos de biomonitoramento com o uso de plantas, abrangendo a pesquisa dos efeitos de pesticidas em folhas de pinheiros¹¹, da presença de metais pesados em cascas de árvores¹² e musgos¹³, bem como os impactos nas concentrações de dióxido de enxofre (SO₂) em líquens e briófitas¹⁴. Os líquens podem armazenar metais pesados, como ferro¹⁵, coletar microfibras antropogênicas (partículas sintéticas feitas de celulose ou polímeros derivados de petroquímicos)¹⁶ e exibem atividade mutagênica em resposta a substâncias poluentes¹⁷.

As algas verdes ou clorofíceas, sensíveis à presença de poluentes no ar e na água, são utilizadas para detecção de ozônio e material particulado em ambientes urbanos¹⁸, além de serem empregadas em estudos de biomonitoramento de poluição em ambientes marinhos⁷. Plantas avasculares, tais como musgos e hepáticas, são plantas que não apresentam uma camada cerosa na superfície e não possuem raízes, o que significa que conseguem absorver nutrientes diretamente do ar. Isso as torna capazes de acumular elementos químicos, especialmente metais pesados, em grandes quantidades¹⁹.

No geral, as plantas superiores acumulam substâncias químicas e exibem sinais visíveis de danos (FIGURA 2), manifestando lesões e alterações na estrutura, tais como elementos lenhosos mais curtos e estreitos, além de uma redução na frequência de vasos, quando expostas à poluição²⁰.

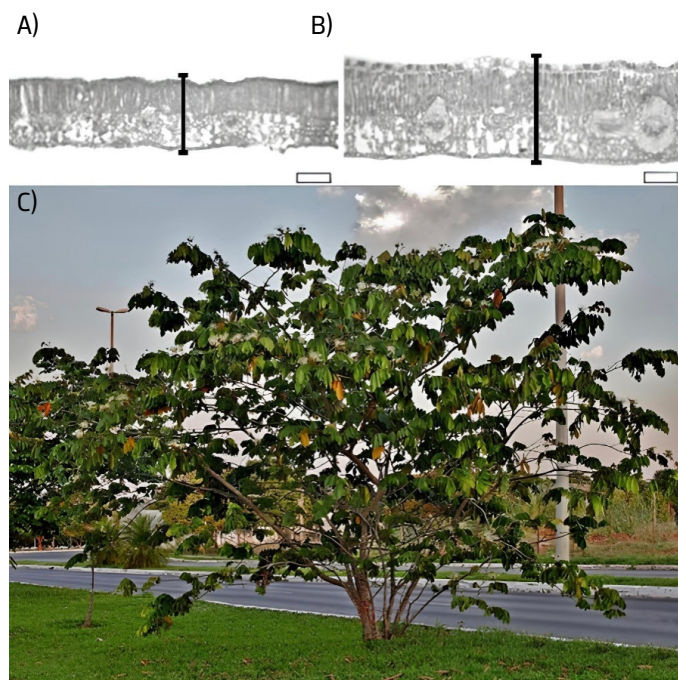


FIGURA 2. A) Estrutura anatômica foliar de *Inga edulis* Mart (Fabaceae) nas áreas poluída e controle. B) Barra de escala = 100µm. Ampliação: 100 vezes. C) *Inga edulis* Mart (Fabaceae). Fotos: A e B) Laboratório de Morfologia e Ecologia Vegetal - Univille. C) Maurício Mercadante.

Segundo as diretrizes do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) para o biomonitoramento da qualidade do ar por meio de plantas, a escolha das espécies vegetais deve considerar diversos aspectos⁶. Primeiro, é importante que as plantas sejam fáceis de identificar no campo, para facilitar a sua localização durante as atividades de monitoramento. Também é crucial que elas mostrem uma resposta clara, indicando como a espécie ou o ecossistema vai reagir ao estresse ambiental. As plantas escolhidas devem estar distribuídas em muitas partes da área afetada pela poluição, para representar bem o espectro da poluição. Para lidar com as mudanças ao longo do tempo, é sugerido que elas sejam amostradas várias vezes durante o ano ou que todas as coletas sejam feitas na mesma estação para evitar erros de interpretação, ao passo a sazonalidade é precursora de mudanças na estrutura foliar. Por último, é essencial considerar o custo, garantindo que as plantas escolhidas sejam financeiramente viáveis no projeto de monitoramento⁶.

Além de seu papel no monitoramento, as plantas destacam a responsabilidade coletiva de preservar o meio ambiente. Ao proteger as plantas e entender como elas alertam sobre a poluição, não apenas em relação à saúde, mas também ao equilíbrio do ecossistema. A colaboração entre a natureza e a ciência fomenta a esperança de um futuro em que a qualidade do ar seja um direito fundamental, assegurado pelas sentinelas silenciosas do nosso planeta: as plantas.

REFERÊNCIAS

- ¹[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- ²MAUNG, T. Z. et al., *Indoor Air Pollution and the Health of Vulnerable Groups: A Systematic Review Focused on Particulate Matter (PM), Volatile Organic Compounds (VOCs) and Their Effects on Children and People with Pre-Existing Lung Disease*, *Int J Environ Res Public Health*, 19, 14, 8752. 2022.
- ³CARRERAS, H. A. et al., *Assessment of the relationship between total suspended particles and the response of two biological indicators transplanted to an urban area in central Argentina*, *Atmos Environ*, 43, 18, 2944–9. 2009.
- ⁴MULGREW, A. & WILLIAMS, P., *Biomonitoring of air quality using plants*. 2000.
- ⁵DALCORSO, G. et al., *An overview of heavy metal challenge in plants: from roots to shoots*, *Metallomics*, 5, 9, 1117–32. 2013.
- ⁶<https://www.sigles-sante-environnement.fr/en/environmental-health/biomonitoring-with-plants-and-fungi/>.
- ⁷GARCÍA-SEOANE, R. et al., *Biomonitoring coastal environments with transplanted macroalgae: A methodological review*, *Marine pollution bulletin*, 135, 988–999. 2018.
- ⁸HEERDT, S.T. et al., *Avaliação do efeito da poluição atmosférica em populações urbanas de *Handroanthus chrysotrichus* (Bignoniaceae) em Joinville, SC*, *Rev Bras Geogr Fis*, 16, 4, 1861–1877. 2023.
- ⁹XU, Y. et al., *Quantifying particulate matter accumulated on leaves by 17 species of urban trees in Beijing, China*, *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 13, 12545–56. 2018.
- ¹⁰TAN, Z. *Air Pollution and Greenhouse Gases*. Singapore: Springer Singapore. 2014.
- ¹¹RATOLA, N. et al., *Biomonitoring of pesticides by pine needles--chemical scoring, risk of exposure, levels and trends*, *Sci Total Environ*, 476–477, 114–24. 2014.
- ¹²BRIGNOLE, D. et al., *Chemical and magnetic analyses on tree bark as an effective tool for biomonitoring: A case study in Lisbon (Portugal)*, *Chemosphere*, 195, 508–14. 2018.
- ¹³PIAIRO, H. et al., *Spatial modeling of factor analysis scores: The case of heavy metal biomonitoring in mainland Portugal*, *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 23, 13420–33. 2014.
- ¹⁴SIM-SIM, M. et al., *Cryptogamic epiphytes as indicators of air quality around an industrial complex in the Tagus valley, Portugal. Factor analysis and environmental variables*, *Cryptogam Bryol*, 21, 2, 153–70. 2000.
- ¹⁵MARIÉ, D. C. et al., *Magnetic biomonitoring of airborne particles using lichen transplants over controlled exposure periods*, *SN Appl. Sci.*, 2, 104. 2020.
- ¹⁶CAPOZZI, F. et al., *Optimizing Moss and Lichen Transplants as Biomonitoring of Airborne Anthropogenic Microfibers*, *Biology*, 12, 10, 1278. 2023.
- ¹⁷KÄFFER, M. I. et al., *Use of bioindicators to evaluate air quality and genotoxic compounds in an urban environment in Southern Brazil*, *Environ Pollut*, 163, 24–31. 2012.
- ¹⁸FREYSTEIN, K. et al., *Algal biofilms on tree bark to monitor airborne pollutants*, *Biologia*, 63, 6, 866–72. 2008.
- ¹⁹CAVALARRO, R. et al., *Avaliação do efeito da poluição atmosférica em populações urbanas de *Inga edulis* Mart. (Fabaceae) por meio do método de biomonitoramento passivo*, *Connection line*, 20, 104–126. 2019.
- ²⁰MAHMOODUZZAFAR, H. S. et al., *Anatomical changes in the wood of *Syzygium cumini* exposed to coal-smoke pollution*, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 88, 3, 959–964. 2010.