

QUALIDADE DO AR E POTENCIAL MUTAGÊNICO: UM BIOMONITORAMENTO DO POLO QUÍMICO DE GUAÍÚBA COM TRADESCANTIA PALLIDA VAR. PURPUREA

Gabriel Alves Desiderio¹
Paulo Vitor Da Silva Cavalcanti²
Mambueni Isabel Zacarias Manuel³
Antônio Mateus Lopes De Andrade⁴
Claudia Alessandra Fortes Aiub⁵

RESUMO

Introdução: A saúde é um estado vital que envolve o bem-estar físico, mental e social dos indivíduos, sendo a qualidade do ar um fator crucial nesse contexto. A poluição atmosférica está associada a sérios problemas de saúde, e o monitoramento ambiental é essencial para identificar riscos e desenvolver estratégias mitigadoras. Dessa forma, a aplicação dos bioensaios com Tradescantia pallida são amplamente utilizados, permitindo a análise de mutações e micronúcleos como indicadores de poluição. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade do ar do Polo Químico de Guaiúba por meio do biomonitoramento de pelo estaminal e micronúcleo com T. pallida var. purpurea. Metodologia: Trata-se de um estudo experimental realizado entre outubro de 2023 e janeiro de 2024 no Polo Químico de Guaiúba (PQG) comparado ao campus de Redenção, Ceará. Mudanças de T. pallida foram plantadas com uma mistura de vermiculita e terra peneirada (1:3), garantindo condições ideais de crescimento. As plantas foram expostas a luz solar por pelo menos meio-dia diariamente e irrigadas cinco vezes por semana. Para a avaliação das mutações no pelo estaminal (TRAD-SH), cinco inflorescências foram coletadas de cada local e mantidas em condições controladas de umidade e temperatura. As células dos estames foram analisadas sob um estereomicroscópio (50x) e a frequência de mutação foi calculada pela razão entre o número de células mutadas e o total de células. Para a análise de micronúcleos (TRAD-MN), cinco botões florais fechados foram dissecados, e a ocorrência de micronúcleos foi avaliada em células de pólen e corados com giemsa 5%. Os dados foram analisados estatisticamente usando o software SPSS, aplicando ANOVA (p-valor

Palavras-chave: monitoramento biológico; toxicologia; Tradescantia; poluição do ar.

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Ciências da Saúde, Discente,
gabrieldesiderio@aluno.unilab.edu.br¹

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Ciências da Saúde, Discente,
paulovitor.unilab@gmail.com²

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Ciências da Saúde, Discente,
mambuenimanuel3@gmail.com³

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Discente,
mateuslopes041220@gmail.com⁴

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Ciências da Saúde, Docente,
aiub.claudia@gmail.com⁵

INTRODUÇÃO

A saúde é um estado caracterizado pelo completo bem-estar físico, mental e social marcado pela harmonia do indivíduo no ambiente em que se insere. Compreendida como essencial e intrínseca a manutenção desse estado, a Organização nas Nações Unidas (ONU) lançou 17 Objetivos Globais para o Desenvolvimento Sustentável, compreendendo o fomento de diversas dimensões desse espectro como vitais ao planeta, em especial, a saúde e o bem-estar, mudanças climáticas, vida terrestre e sustentabilidade de cidades e comunidades (CRUZ et al., 2022; SEGRE; FERRAZ, 1997).

Constantemente discutida, a qualidade do ar é um dos parâmetros ambientais mais importantes quando se pensa na exposição a produtos físicos e químicos, tendo em vista seus impactos agudos e crônicos na saúde do meio ambiente e dos seres humanos. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que a poluição do ar foi a responsável por mais de 4 milhões de mortes prematuras no ano 2019, decorrentes, sobretudo, de doenças cardiorespiratórias (OMS, 2024).

Diante disso, o monitoramento da qualidade do ar é uma estratégia fundamental para conhecer e analisar áreas de vulnerabilidade com ênfase no desenvolvimento de estratégias que minimizem os impactos da poluição dispersa no ambiente. Assim, diversas espécies vegetais, ou organismos experimentais, podem desempenhar o papel de biomonitoradores, como a *Tradescantia pallida* (Rose) DR Hunt. var. *purpurea*, uma planta ornamental com diversas características que a tornam ideal para uso como bioindicadora (SAVÓIA et al., 2008).

Por meio de sua sensibilidade e genética favorável, os bioensaios de mutação em células do Pelo Estaminal (Stamen hair - TRAD-SH) e Micronúcleo (Micronucleus - TRAD-MN) são eficazes para analisar os efeitos de agentes mutagênicos e genotóxicos presentes na água, no ar e no solo (RODRIGUES, 1999).

Dessa forma, o presente estudo procurou avaliar a qualidade do ar do Polo Químico de Guaiúba por meio do biomonitoramento de pelo estaminal e micronúcleo com *T. pallida*.

METODOLOGIA

O biomonitoramento com *T. pallida* foi realizado a partir de análises quinzenais de outubro de 2023 a janeiro de 2024. Foram definidos dois pontos de coleta para análise, o Polo Químico localizado no município de Guaiúba, região metropolitana de Fortaleza no Ceará, considerado o local de teste (PQG) e a Unidade de Produção de Mudas (UPMA) localizado no Campus das Auroras da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) em Redenção, Ceará, como controle negativo (Controle negativo).

O Polo Químico de Guaiúba (PQG) foi inaugurado em 2022 a fim de alavancar o desenvolvimento tecnológico da região. Atualmente conta com cerca de 4 empresas instaladas das 21 planejadas (OOTIMISTA, 2023).

Assim, as mudas de *T. pallida* foram plantadas em 10 floreiras forradas com uma pequena camada de pedras em substrato formado de vermiculita e terra peneirada na proporção de 1:3. As floreiras foram distribuídas igualmente entre os dois pontos, de modo a permitir que as plantas recebessem luz solar por pelo menos meio dia e rega 5 vezes por semana.

A abordagem adotou o protocolo modificado de Ma e colaboradores (1994), utilizando a variação *purpurea* de *T. pallida* em substituição ao clone 4430, devido à sua superior adaptabilidade climática e resistência a parasitas e insetos (RODRIGUES, 1999)

Para a realização do bioensaio de TRAD-SH foram coletadas e devidamente identificadas, de cada ponto de análise, 5 inflorescências mantidas sob umidade e temperatura de aproximadamente 20°C para evitar o fechamento das pétalas e retração dos estames. Todas as células de cada um dos 6 estames de uma inflorescência foi contado individualmente sob estereomicroscópio (Opton TIM-2B) e a frequência de mutação foi calculada pela razão entre o número de células roxas (mutadas) multiplicado por 300 e as células brancas



(não mutadas).

Para o bioensaio de TRAD-MN foram coletados, de cada ponto, 5 botões florais fechados mantidos nas mesmas condições de TRAD-SH. Cada botão foi cuidadosamente dissecado com o auxílio de uma pinça para a retirada de um grão de pólen. O material foi posto entre uma lâmina e lamínula de vidro com gotas do corante giemsa 5%, e esmagado para possibilitar a análise das células. Todas as células em tétrades e a ocorrência de micronúcleos foram contadas para o cálculo da frequência, obtido pela razão entre o número de micronúcleos multiplicado por 300 e o total de tétrades.

Os resultados foram consolidados no software Microsoft Excel 365 e analisados no software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 20.0 por variância (ANOVA), considerando significância estatística de 5% (p-valor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises evidenciaram, inicialmente, uma maior frequência de micronúcleos no ponto Controle negativo nos dois primeiros dias de análise, padrão que se inverte progressivamente, com o PQG apresentando frequências até duas vezes maiores em comparação ao controle negativo. No geral, o PQG evidenciou maiores frequências em 4 dos 7 dias de análise, sendo observado uma frequência igual de micronúcleos para ambos os pontos no dia 17 de janeiro (Gráfico 1).

A análise pelo bioensaio TRAD-SH, revelou resultados semelhantes aos apresentados no Gráfico 1 ao expor uma maior frequência de mutações no PQG em comparação ao Controle negativo. Por outro lado, o Controle negativo expressou tanto a maior frequência dentre todas as 7 análises (17 de janeiro de 2024) quanto exibiu, nos dias 13 de novembro de 2023 e 17 de janeiro de 2024, resultados com diferença estatisticamente significativa (p-valor

Com o intento de avaliar a qualidade do ar do PQG e do Controle negativo, o estudo evidenciou maiores frequências de micronúcleos e mutações em pelo estaminal no PQG capazes de indicar a presença de substâncias químicas com potencial para gerar danos ao material genético de células mitóticas e meióticas de *T. pallida*. O mecanismo de geração de micronúcleos se baseia na clastogênese (quebra) do material genético e formação de pequenos aglomerados circulares colaterais ao núcleo de células mãe de pólen em estágio de tétrade. Já a mutação em pelo estaminal se estabelece pela supressão, em plantas heterozigotas, do caráter dominante que altera o fenótipo de coloração branca para roxa nas células mitóticas (RODRIGUES, 1999).

A literatura aponta que a elevação de mutações em pelo estaminal e micronúcleos está relacionada a uma miríade de fatores, sobretudo pela exposição a produtos da queima de combustíveis fósseis como a gasolina e o diesel. Isso indica que em locais de intenso fluxo de veículos a prevalência de substâncias com potencial genotóxico é mais proeminente e danoso para os organismos vivos. Em suas pesquisas, Rodrigues e colaboradores (2024) identificaram uma correlação positiva entre o aumento de mutações no clone 4430 de *T. pallida* exposto a um solo contaminado com óleo diesel, ao passo que verificaram uma relação causal das mutações com a concentração de material particulado no ar (PM 2,5 e 10), em especial PM 10 (RODRIGUES et al., 2024).

Em consonância, outros estudos associaram o aumento do número de micronúcleos a áreas de grande tráfego de veículos e observaram uma influencia positiva da temperatura nesse evento. Além disso, verificou-se uma maior deposição de elementos metálicos na superfície foliar de *T. pallida* oriundos, principalmente, da emissão veicular ou subprodutos do seu funcionamento como ferro, chumbo e zinco, e em menor quantidade

bário, cádmio, cobre e cromo, espécies não essenciais para a fisiologia vegetal da planta (SANTOS et al., 2015; CASSANEGO et al., 2015). A deposição de metais alerta para o risco em demasia dos efeitos da exposição e inalação de algumas espécies carcinógenas como o cádmio e o cromo conhecidas por estarem relacionados a diversos tipos de cânceres como o de pulmão, bexiga, pâncreas, mama, endométrio e próstata (INCA, 2024).

Á vista disso, por se tratarem de pontos próximos a rodovias, tanto o PQG quanto o Controle negativo estiveram expostos diretamente a substâncias genotóxicas. Entretanto, o PQG demonstrou uma maior fragilidade e evidenciou um nível superior de poluentes disseminados no ar, relacionados ou não a atividade fabril, a qual não se sabe os efeitos gerados para os indivíduos e o meio ambiente que o cerca.

Assim, uma limitação deste estudo é a necessidade de compreender os principais fatores que influenciam o desenvolvimento de micronúcleos e mutações em pelo estaminal, e o impacto direto que esses contaminantes podem ter na qualidade de vida. No entanto, o estudo propõe um método de monitoramento da qualidade do ar raramente aplicado no Nordeste do Brasil, especialmente no estado do Ceará, fornecendo pistas para a geração de novas políticas públicas e pesquisas na região.

CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que a qualidade do ar do Polo Químico de Guaiúba se apresentou mais comprometida em relação ao Controle negativo, com base nas elevadas frequências de micronúcleo e mutações em pelo estaminal. Estas alterações no material genético refletem a presença de poluentes atmosféricos, indicando uma relação clara entre a poluição atmosférica e os efeitos ambientais adversos. Este estudo destaca a eficácia do biomonitoramento de *T. pallida* como uma ferramenta valiosa para investigar a poluição do ar e seu impacto na saúde pública, enfatizando a necessidade de estratégias e políticas para mitigar os efeitos da poluição no Nordeste do Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PIBITI-CNPq), através do edital PROPPG Nº 02/2023, pela bolsa de pesquisa e por fomentar o desenvolvimento científico nas universidades cearenses.

REFERÊNCIAS

- CASSANEGO, M. B. B. et al.. Biomonitoring the genotoxic potential of the air on *Tradescantia pallida* var. *purpurea* under climatic conditions in the Sinos River basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 75, n. 4, p. 79-87, nov. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/bjb/a/br5hVSnbKmT7sNC9QwmbjJR/abstract/?format=html&lang=pt#>. Acesso em: 05 out. 2024.
- CRUZ, D. K. A. et al.. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as fontes de dados para o monitoramento das metas no Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 31, n. spe1, p. e20211047, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/X6fCx5KZxNwsx69xttRBpPy/#>. Acesso em: 04 out. 2024.
- INCA. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Metais pesados, câncer e os riscos ambientais. Rio de Janeiro: INCA, 2024. Disponível em: <https://ninho.inca.gov.br/jspui/bitstream/123456789/15363/1/Metais%20e%20Cancer.pdf>. Acesso em: 05 out.

2024.

MA, T. H. et al. *Tradescantia stamen hair mutation bioassay*. *Mutation Research*, v. 310, n. 2, p. 211-220, 1994. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7523892/>. Acesso em: 05 out. 2024.

OOTIMISTA. Projeto para expansão do Polo Industrial Químico de Guaiúba é entregue à Adece. [S. l.], 18 ago. 2023. Disponível em: <https://ootimista.com.br/economia/projeto-para-expansao-do-polo-industrial-quimico-de-guaiuba-e-entregue-a-adece/>. Acesso em: 04 out. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. Poluição do ar ambiente (externo). Suíça: Genebra. Disponível em: [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). Acesso em: 05 out. 2024.

RODRIGUES, G. S. Bioensaios de toxicidade genética com *Tradescantia*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 56 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1051547/1/1999DC01.pdf>. Acesso em: 04 out. 2024.

RODRIGUES, L. T. et al. *Tradescantia* response to air and soil pollution, stamen hair cells dataset and ANN color classification. *Frontiers in Big Data*, v. 7, p. 1384240, 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/big-data/articles/10.3389/fdata.2024.1384240/full>. Acesso em: 05 out. 2024.

SANTOS, Ana Paula M. et al. Traffic-related air pollution biomonitoring with *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. cv. *purpurea* Boom in Brazil. *Environmental monitoring and assessment*, v. 187, p. 1-10, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-014-4234-3>. Acesso em: 05 out. 2024.

SAVÓIA, E. J. L. et al. Biomonitoring genotoxic risks under the urban weather conditions and polluted atmosphere in Santo André, SP, Brazil, through Trad-MCN bioassay. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 72, n. 1, p. 255-260, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651308001012>. Acesso em: 05 out. 2024.

SEGRE, M.; FERRAZ, F. C.. O conceito de saúde. *Revista de Saúde Pública*, v. 31, n. 5, p. 538-542, out. 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/ztHNk9hRH3TJhh5fMgDFCFj/?stop=next&format=html#>. Acesso em: 05 out. 2024.