



**AVALIAÇÃO DOS DANOS GENÉTICOS PROVOCADOS POR
RADIAÇÃO SOLAR E POLUIÇÃO AÉREA ATRAVÉS DA ANÁLISE
DE MICRÔNÚCLEOS EM *Tradescantia pallida* cv *purpurea***

Diliane Harumi Yaguinuma¹

Lucinei Garcia Leal Brito²

Antonio Fluminhan³

RESUMO

A avaliação do potencial mutagênico do meio ambiente pode ser realizada através da análise de alterações meióticas observadas em *Tradescantia pallida* cv *purpurea*, uma espécie utilizada como bioindicadora de danos genéticos causados por fatores ambientais. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a influência da poluição aérea e da radiação solar sobre a frequência de alterações cromossômicas em tétrades de *Tradescantia*. Inflorescências foram coletadas de plantas mantidas em condições contrastantes para: exposição ao sol e à sombra, e cultivo em condições de tráfego veicular leve e pesado. Foi observado que maiores taxas de anormalidades meióticas foram encontradas em plantas expostas ao sol e em condições de tráfego pesado. Os menores valores foram obtidos nos materiais coletados de plantas expostas às condições de sombra e tráfego leve. Foi notado que o efeito da intensidade da radiação solar na formação de micronúcleos foi superior ao efeito devido ao tráfego de veículos. Entretanto, notou-se que o número médio de micronúcleos por tétrade anormal foi mais elevado em plantas mantidas em condições de elevado tráfego de veículos, em comparação com as plantas mantidas em condições de tráfego automotivo leve.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental – Agentes mutagênicos – Impactos ambientais - *Tradescantia pallida* cv *purpurea* – Trad MCN

¹ Graduanda de Ciências Biológicas - Bacharelado, Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE. harumi@hotmail.com

² Graduada de Ciências Biológicas - Bacharelado, Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE. lucinei_brito@hotmail.com

³ Professor – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE. fluminhan@unoeste.br



DAMAGE CAUSED BY GENETIC EVALUATION SOLAR RADIATION AND POLLUTION AIR THROUGH THE ANALYSIS TRADESCANTIA PALLIDA CV MICRONUCLEUS PURPUREA

ABSTRACT

The evaluation of the mutagenic potential of the environment can be performed through the analysis of meiotic alterations observed in Tradescantia pallida cv purpurea, commonly used as a bioindicator of genetic damage caused by environmental factors. The objective of this research was to evaluate the influence of air pollution and solar radiation on the frequency of chromosomal abnormalities in tetrads of Tradescantia. Inflorescences were collected from plants grown in contrasting conditions: exposure to sun and shade and cultivation in light and heavy vehicular traffic. It was observed that higher rates of meiotic abnormalities were found in plants exposed to the sun and heavy traffic conditions. The lowest values were obtained in samples collected from plants exposed to conditions of shade and light traffic. It was noted that the effect of the light intensity in the formation of micronuclei was greater than the effect due to vehicular traffic. However, it was noted that the mean number of micronuclei per tetrad abnormal was higher in plants grown under conditions of high vehicle traffic compared with plants grown under conditions of light automotive traffic.

Keywords: Environmental monitoring - Mutagenic agents - Environmental impacts - Tradescantia pallida cv purpurea - Trad MCN

DAÑOS CAUSADOS POR LA EVALUACIÓN GENÉTICA RADIACIÓN SOLAR Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE A TRAVÉS DEL ANÁLISIS TRADESCANTIA PALLIDA MICRONÚCLEOS CV PURPUREA

RESUMEN

La evaluación del potencial mutagénico del medio ambiente se puede realizar a través del análisis de las alteraciones observadas en células meióticas Tradescantia pallida cv purpurea, comumente utilizada como bioindicadora del daño genético causado por factores ambientales. El objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia de la contaminación del aire y la radiación solar sobre la frecuencia de anomalías cromosómicas en tétradas de Tradescantia. Las inflorescencias se recogieron a partir de plantas cultivadas en condiciones contrastantes: la exposición al sol y la sombra y el cultivo en condiciones ligero y pesado de tráfico de vehículos. Se observó que se encontraron mayores tasas de anomalías meióticas en las plantas expuestas al sol y las condiciones de tráfico pesado. Los valores más bajos



se obtuvieron en muestras recogidas de las plantas expuestas a condiciones de sombra y tráfico ligero. Se observó que el efecto de la intensidad de la luz en la formación de micronúcleos era mayor que el efecto debido al tráfico vehicular. Sin embargo, se observó que el número medio de micronúcleos por tétrada anormal fue mayor en las plantas cultivadas en condiciones de tráfico pesado de vehículo en comparación con las plantas cultivadas en condiciones de tráfico automotor ligero.

Palabras-clave: Monitoreo Ambiental - Agentes mutagénicos - Impactos Ambientales - *Tradescantia pallida* cv *purpurea* - Trad MCN

1 INTRODUÇÃO

A poluição do ar pode provocar alterações fisiológicas, bioquímicas, anatômicas e comportamentais que podem ser associadas à presença de poluentes atmosféricos. Respostas bioquímicas vegetais fora do padrão natural podem auxiliar na avaliação da qualidade do ar de determinadas regiões (MONARCA et al., 1999; SILVA 2005; ANDRADE JÚNIOR et al. 2008; MAIOLI et al., 2008). Entre os fatores que contribuem para o agravamento da poluição, destaca-se a emissão de gases nocivos pelas descargas de veículos automotores, podendo-se usar a intensidade do tráfego veicular como medida indireta do acúmulo desses poluentes em determinadas regiões (MONARCA et al., 1999; SILVA 2005; ANDRADE JÚNIOR et al. 2008; YANAGI, 2010; CARNEIRO et al., 2011; HABERMANN et al., 2011; MARIANI et al., 2012).

A *Tradescantia pallida* cv. *purpurea*, amplamente utilizada para ornamentação, é tão eficiente como bioindicador quanto os clones de *Tradescantia* desenvolvidos especialmente para essa finalidade (GUIMARAES et al., 2000). Ressalta-se que a utilização de *T. pallida* é importante em locais que não oferecem condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento dos clones. Além disso, o uso de plantas que, normalmente, desenvolvem e florescem nas condições ambientais a serem avaliadas reduz o orçamento do estudo e minimiza o problema do ataque de pragas, uma vez que já estão biologicamente adaptadas (RODRIGUES et al., 1997). A estrutura do DNA e seus mecanismos de replicação e reparo são universais para todos os seres vivos, ou seja, o que causa danos ao material genético dos vegetais



pode vir a causar danos aos cromossomos de seres humanos. Entre os testes citogenéticos utilizados para avaliar efeitos genotóxicos, tem sido demonstrado que a análise de micronúcleos em plantas do gênero *Tradescantia* é efetiva em determinar os efeitos nocivos da radiação UV, bem como a contaminação do ar, da água e do solo (GUIMARAES et al., 2000; GOMES et al., 2002; ISIDORI et al., 2003; KLUMPP et al., 2006; NASCIMENTO et al., 2006).

Estudos de biomonitoramento, evidentemente, não devem ficar restritos aos grandes centros urbanos, pois cidades de médio e pequeno porte também podem ser sedes de parques industriais e/ou contarem com uma grande frota de veículos automotores, característica encontrada na cidade de Presidente Prudente. De acordo com informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), no ano de 2013, o município de Presidente Prudente tinha uma frota de 143.910 veículos. Entretanto, o número de veículos que transita na cidade varia em diferentes épocas do ano, sendo particularmente intenso durante o período de atividades escolares.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Diversos estudos apontam consistentemente para o incremento de doenças respiratórias, câncer de pulmão e disfunções cardiovasculares em decorrência da contaminação do ar atmosférico e significativo aumento da incidência de câncer de pele em decorrência à contínua exposição à luz solar (BATALHA et al., 1999; BRAUER et al., 2002; BRUNEKREEF & HOLGATE, 2002; PERERA et al., 2002). Os poluentes atmosféricos e a radiação ultravioleta (UV), contudo, não afetam apenas humanos, uma vez que diversos estudos mostram que extratos de ar coletados, em ambientes urbanos, induzem danos genéticos em animais, plantas e bactérias, e ocorrência de danos genéticos provocados pela exposição à radiação UV (BATALHA et al., 1999; MA et al., 1994; GUIMARAES et al., 2000; GOMES et al., 2002; MONARCA et al., 2002; ISIDORI et al., 2003). As grandes concentrações de poluentes atmosféricos representam um risco eminente para a saúde humana e para o bem estar de outros organismos (KLUMPP et al., 2006; NASCIMENTO et al.,



2006; MARCILIO & GOUVEIA, 2007). Bioindicadores são seres de natureza diversa que podem ser utilizados para a avaliação da qualidade ambiental. São utilizados de maneira ativa expondo-se espécies previamente preparadas no ambiente cuja qualidade será avaliada ou de forma passiva, quando se faz avaliação dos seres que habitam a área de estudo (MAKI et al., 2013).

Bioensaios que utilizam modelos vegetais para detecção de agentes mutagênicos são, atualmente, reconhecidos como excelentes indicadores de efeitos citogenéticos ocasionados por agentes mutagênicos físicos e substâncias químicas presentes no ambiente (GOMES et al., 2002; GRANT, 1994). De maneira geral, as plantas são mais sensíveis à radiação e à poluição que os animais, incluindo o homem, e, portanto, estudos sobre os efeitos destes agentes mutagênicos na vegetação fornecem subsídios importantes para os programas de controle das mutações (ALVES et al., 2001). A qualidade do ar interfere diretamente na vida das pessoas, sendo importante manter controladas as fontes de emissão de poluentes. Bioensaios são eficientes, rápidos baratos podendo ser uma ferramenta bastante útil na detecção e biomonitoramento desses poluentes (TEIXEIRA & BARBÉRIO, 2012).

Entre os testes citogenéticos utilizados para avaliar efeitos genotóxicos sobre os organismos vivos, destaca-se o Teste de Micronúcleo aplicado em plantas do gênero *Tradescantia* (Trad-MCN), considerado valioso método em investigações desta natureza (MA et al., 1994; RODRIGUES et al., 1997; BATALHA et al. 1999; GUIMARAES et al., 2000; MIŠÍK et al., 2007). Plantas deste gênero são efetivas em determinar os efeitos nocivos da radiação UV, bem como a contaminação do ar, da água e do solo (MONARCA et al., 2002).

Heddle (1973) definiu micronúcleos como estruturas resultantes de cromossomos inteiros ou de fragmentos cromossômicos que se perdem na divisão celular e, por isso, não são incluídas nos núcleos das células-filhas, permanecem no citoplasma das células interfásicas. Na telófase, essas estruturas são incluídas nas células-filhas e podem fundir-se com o núcleo principal ou formar um ou mais "núcleos" secundários menores no citoplasma denominados micronúcleos. O Trad-MCN consiste em um conjunto de procedimentos de exposição de plantas do gênero *Tradescantia* a agentes contaminantes que culmina com a estimativa da frequência de micronúcleos em células-mãe dos grãos de pólen na fase de tétrades. Sua



realização permite a determinação do potencial aneugênico e clastogênico de agentes físicos ou químicos presentes no ambiente (MA, 1981).

3. JUSTIFICATIVAS

Segundo Silva (2005), muitas vezes espécies selvagens são utilizadas como bioindicadores de risco ecológico, enquanto que animais domésticos são mais úteis para avaliação do risco a saúde humana. Por sua vez, a utilização de plantas de *Tradescantia pallida cv purpurea* é plenamente justificada por esta espécie ser extremamente sensível aos diversos tipos de agentes mutagênicos. Estas plantas são classificadas como ideais para o monitoramento *in loco* das condições ambientais, incluindo-se a radiação solar e a poluição aérea. Numerosos estudos indicam que esta espécie é comumente utilizada para a avaliação da mutagenicidade de ar, águas e solos, pois elas apresentam apenas seis pares de cromossomos grandes e de fácil observação e, em especial, as células de quase todas as partes da planta desde a ponta da raiz até o tubo polínico em desenvolvimento fornecem materiais excelentes para os estudos citogenéticos. (SANTOS, 2004).

As plantas apresentam, em geral, diversas vantagens para estudos de mutagênicos ambientais, sendo que a *Tradescantia* possui características que as fazem especialmente adequadas ao monitoramento *in loco* por possuir cromossomos eucarióticos grandes em tamanho e em pequeno número, com, $2n=12$, genes marcadores de mutações terminais, portáteis através dos seus cortes, adequadas para o monitoramento para qualquer ambiente (aquático, aéreo, terrestre).

4 OBJETIVOS

Considerando a importância do biomonitoramento ambiental como medida preventiva de problemas de Saúde Pública, o presente estudo objetiva avaliar a



qualidade do ar em áreas com tráfego de veículos de intensidade variada e a incidência de radiação ultravioleta na região de Presidente Prudente (SP) por meio do Teste de Micronúcleo em *Tradescantia pallida* cv. *purpurea*. A avaliação permite determinar a capacidade de substâncias causarem danos ao material genético, levando à formação de micronúcleos ao fim da divisão celular e também a intensidade de danos provocados pela incidência de radiação ultravioleta, em ambas situações: condições ambientais naturais, e após indução de radiação ultravioleta C em condições de laboratório.

Esta pesquisa visou avaliar se os locais onde a planta é cultivada podem oferecer riscos mutagênicos, ou mesmo serem prejudiciais à saúde de outros seres vivos. Foram avaliadas as eventuais lesões genômicas provocadas por agentes mutagênicos físicos (por exemplo: a radiação solar) e químicos (por exemplo: a poluição aérea provocada pelo tráfego de veículos automotores) sobre a espécie vegetal *Tradescantia pallida* cv. *purpurea*, que é considerada em modelo biológico por excelência para este tipo de avaliação.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Materiais biológicos

Plantas de *Tradescantia pallida* cv *purpurea* foram cultivadas em vasos contendo substrato orgânico misturado com solo (proporção 1:1) e submetidas às mesmas condições de cultivo por três meses anteriores ao início dos experimentos, de modo a permitir o pleno desenvolvimento das mesmas. Para os tratamentos, um grupo de três vasos com cerca de 10 plantas cada um foi considerado como representativo de cada condição avaliada.

5.2 Metodologias de análise

Mudas de *Tradescantia pallida* cv. *purpurea* foram cultivadas em floreiras e utilizadas como Estações de Biomonitoramento que consistiram, cada uma, de três



floreiras dispostas sobre o solo. No mês de abril, duas estações foram instaladas, uma em cada um dos dois locais da cidade de Presidente Prudente, selecionados de acordo com o fluxo de veículos: (1) Avenida Washington Luiz, onde há intenso tráfego de veículos de passeio, de carga e de passageiros, sob condições de sombra, e (2) Avenida Washington Luiz, localizada na região central de Presidente Prudente, também caracterizada por tráfego intenso de veículos de passeio e de passageiros, mas em condições de sol intenso. Foram instaladas duas outras estações, que foram adotadas como controle, e dispostas no jardim do Campus II da UNOESTE, em local onde quase não há tráfego de veículos, também sob duas condições contrastantes: intensa iluminação solar e em condições de sombreamento. A caracterização dos quatro pontos amostrais foi feita observando-se a existência de sombreamento e não sombreamento, de modo a avaliar os efeitos da incidência de raios solares diretamente sobre as plantas.

5.3 Coleta de inflorescências, fixação e armazenamento

Durante o período do estudo, as plantas foram avaliadas no seu aspecto de crescimento e condições gerais de nutrição e desenvolvimento. Após um mês de exposição e nos meses subsequentes, foram iniciadas as coletas de inflorescências, as quais ocorreram nos meses de maio a setembro do mesmo ano, totalizando cinco meses.

Foram coletadas inflorescências jovens de *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea* nos quatro pontos amostrais selecionados. Essas inflorescências foram fixadas em solução Carnoy - etanol/ácido acético (3:1), conduzidas ao Laboratório de Genética Molecular e Citogenética da Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE – Presidente Prudente – SP e, após 24 horas de fixação, as inflorescências foram transferidas para solução de álcool etílico 70% e estocadas a 4°C para proceder à preparação citogenética e análise microscópica.

5.4 Preparações citológicas



Os materiais coletados foram processados de acordo com a metodologia sugerida por Ma (1981) e Ma et al. (1994). Foram selecionados botões florais jovens que continham células mães de grãos de pólen em estágio de tétrades. Os botões retirados das inflorescências jovens foram medidos com régua e posteriormente dissecados com estilete, utilizando estéreo-microscópio para melhor visualização. As anteras assim obtidas foram maceradas com bastão de vidro sobre lâmina para microscopia após gotejamento com carmim acético. Após a maceração, os fragmentos das anteras são descartados; a lâmina coberta com lamínula. Este material é rapidamente aquecido e analisado em microscopia óptica sob aumento de 400x. Um total de 300 tétrades por lâmina foi analisado, sendo confeccionadas cinco lâminas por ponto amostral em cada mês. As frequências de micronúcleos foram registradas em cada lâmina (número de micronúcleos em 300 tétrades) e expressas em termos de MN/100 tétrades.

5.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada através do Teste Condicional para Comparação de Proporções em Situações de Eventos Raros, que é um teste indicado à avaliação de eventos citogenéticos quando uma grande amostra de células é necessária para detecção da ocorrência de uma determinada aberração cromossômica. Quando atingido o nível de significância de $p > 0,05$, foi aplicado o teste de análise de médias de Tukey.

6. RESULTADOS

6.1 Coletas de inflorescências

Foi identificado que o estágio mais adequado para a coleta de inflorescências de *Tradescantia pallida* seria o de botões florais com medidas de aproximadamente 3 a 5 mm de comprimento, as quais teriam anteras no estágio mais adequado para a observação de tétrades. Em todas as condições



experimentais foram coletadas inflorescências em grande quantidade e suficientes para a realização da presente pesquisa.

6.2 Análise de tétrades e observação de micronúcleos

O protocolo experimental para preparo de lâminas a partir de anteras obtidas de inflorescências imaturas de *Tradescantia pallida* cv. *purpúrea*, foi baseado nos trabalhos pioneiros de Ma (1981) e Ma et al. (1994). As análises citogenéticas envolveram um total de 2 a 4 lâminas microscópicas para cada tratamento avaliado, sendo observadas cerca de 100 a 340 tétrades em cada lâmina. Exemplos de figuras meióticas observadas são ilustrados na Figura 1 (a e b), com a apresentação de tétrades com micronúcleos.

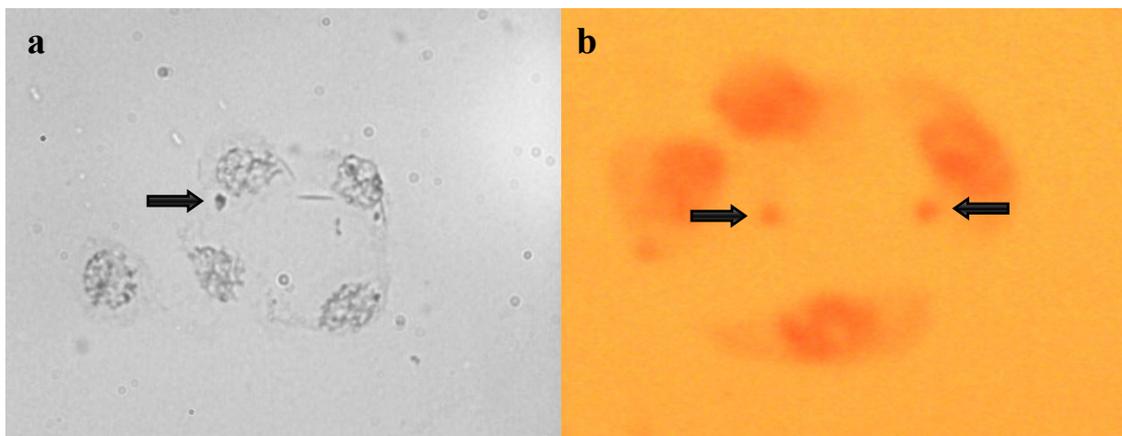


Figura 1: Tétrades de *Tradescantia pallida* após coloração com solução de carmim acético, evidenciando a formação de micronúcleos destacados pelas setas em a) micronúcleo simples e b) micronúcleos duplos.

Os resultados obtidos a partir da análise da frequência de formação de micronúcleos em tétrades de inflorescências de *Tradescantia* cultivadas nos diferentes tratamentos avaliados são apresentados na Tabela 1, mostrada a seguir.



Tabela 1: Resultados obtidos com a análise da ocorrência de micronúcleos (MCN) em tétrades de *Tradescantia pallida* cv. *purpurea*, submetida a diferentes tratamentos de exposição à radiação solar e tráfego automotivo:

Tratamento	Tétrades normais	Tétrades com MCN	Total de Tétrades	% de Tétrades com MCN	Número de MCN	Número médio MCN /Tétrade
Sombra / Tráfego leve	970	57	1027	5,55 ^b	83	1,46 ^b
Sol / Tráfego leve	1214	90	1304	6,90 ^a	120	1,33 ^c
Sombra / Tráfego intenso	922	37	959	3,86 ^c	63	1,70 ^a
Sol / Tráfego intenso	926	67	993	6,75 ^a	120	1,79 ^a

Fonte: Os autores

Observação: Médias abrangidas pela mesma letra não diferem, pelo teste de Tukey. ao nível de probabilidade $p < 0,05$

Os resultados mostraram uma frequências de micronúcleos significativamente maior em tétrades das plantas mantidas nas condições de forte iluminação solar (cerca de 6,75% a 6,9% do total de tétrades analisadas), em comparação com as plantas mantidas sob condição de sombreamento (cerca de 3,9% a 5,5% de formação de micronúcleos).

Foi observado que a influência do tráfego de veículos, evidenciando maior poluição do ar pela emissão de gases da combustão, teve maior influência sobre fator 'número médio de micronúcleos por tétrade anormal', sendo que atingiu valores de 1,7 a 1,8 micronúcleos por tétrade anormal. Foi verificado que as plantas mantidas sob condições de tráfego veicular leve apresentaram número médio de micronúcleos por tétrade anormal significativamente menor, em torno de 1,33 a 1,46.



Em todos os casos, foi notado que existiu uma relativa variação nos resultados entre inflorescências dentro de um mesmo tratamento, o que pode ser explicado pelo fato das plantas estarem localizadas em posições diferentes e, possivelmente, receberam influência dos fatores ambientais de forma diferenciada alterando, portanto os seus resultados.

7. DISCUSSÃO

Nota-se que os resultados variaram de acordo com a intensidade solar e o tráfego de veículos. Porém os resultados mostraram que o efeito da intensidade da radiação solar na formação de micronúcleos em tétrades de *Tradescantia* foi significativamente superior ao efeito devido ao tráfego de veículos. Esses resultados sugerem que a ação da radiação ultravioleta desempenha um papel preponderante na formação de micronúcleos em comparação com os poluentes atmosféricos. Estes resultados estão em consonância com os resultados obtidos por outros estudos, realizados em diversas cidades brasileiras (BATALHA et al., 1999; SILVA 2005; ANDRADE JÚNIOR et al. 2008; MARIANI et al., 2012).

Entretanto, notou-se que o número médio de micronúcleos por tétrade anormal foi grandemente influenciado pela poluição do ar, uma vez que as plantas mantidas em condições de elevado tráfego de veículos apresentaram maior número médio de micronúcleos, em comparação com as plantas mantidas em tráfego leve. Ressalta-se que este tipo de abordagem ainda não foi totalmente explorado nos demais estudos já realizados com *Tradescantia*, uma vez que o foco principal tem sido a análise da presença de micronúcleos nas tétrades, e não no número médio de micronúcleos formados por tétrade com anomalia (MA et al., 1994; GUIMARAES et al., 2000; GOMES et al., 2002; KLUMPP et al., 2006; NASCIMENTO et al., 2006).

8. CONCLUSÕES



O presente estudo permitiu confirmar que o efeito da exposição à luz solar exerce um efeito predominante na ocorrência de danos citogenéticos em tétrades de *Tradescantia*, mas que estes efeitos são amplificados com a exposição simultânea aos gases tóxicos oriundos das emissões de veículos automotores. Foi possível também identificar um novo parâmetro de análise, que é caracterizado pelo número médio de micronúcleos formados por tétrade anormal de *Tradescantia*, que está sujeito à variação de acordo com o grau de exposição a agentes nocivos existentes em regiões de intenso tráfego automotivo. Os estudos são promissores no sentido de estimular a realização de novos estudos para o monitoramento dos danos genéticos provocados por agentes mutagênicos físicos e químicos

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. S., GIUSTI, P. M., DOMINGOS, M. A. R. I. S. A., SALDIVA, P. H., GUIMARÃES, E. T., & LOBO, D. J. (2001). Estudo anatômico foliar do clone híbrido 4430 de *Tradescantia*: alterações decorrentes da poluição aérea urbana. **Revista Brasileira de Botânica**, 24(4), 567-576.
- ANDRADE JÚNIOR, S. J., JÚNIOR, J. C. S. S., DA LUZ OLIVEIRA, J., CERQUEIRA, E. D. M. M., & MEIRELES, J. R. C. (2008). Micronúcleos em tétrades de *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. cv. purpúrea Boom: alterações genéticas decorrentes de poluição aérea urbana 28 abr. 2008. -DOI: 10.4025/actasciobiolsci. v30i3. 5017. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 30(3), 295-301.
- BATALHA, J. R., GUIMARÃES, E. T., LOBO, D. J., LICHTENFELS, A. J., DEUR, T., CARVALHO, H. A., & SALDIVA, P. H. (1999). Exploring the clastogenic effects of air pollutants in São Paulo (Brazil) using the *Tradescantia* micronuclei assay. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 426(2), 229-232.
- BRAUER, M., HOEK, G., VAN VLIET, P., MELIEFSTE, K., FISCHER, P. H., WIJGA, A., & BRUNEKREEF, B. (2002). Air pollution from traffic and the development of respiratory infections and asthmatic and allergic symptoms in children. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 166(8), 1092-1098.
- BRUNEKREEF, B., & HOLGATE, S. T. (2002). Air pollution and health. *The lancet*, 360(9341), 1233-1242.
- CARNEIRO, M. F. H., RIBEIRO, F. Q., FERNANDES-FILHO, F. N., LOBO, D. J. A., BARBOSA JR, F., RHODEN, C. R., & CARVALHO-OLIVEIRA, R. (2011). Pollen abortion rates, nitrogen dioxide by passive diffusive tubes and bioaccumulation in tree barks are effective in the characterization of air pollution. *Environmental and Experimental Botany*, 72(2), 272-277.
- GOMES, H. D. A., NOUAILHETAS, Y., SILVA, N. C. D., MEZRAHI, A., ALMEIDA, C. E., & RODRIGUES, G. S. (2002). Biological response of *Tradescantia* stamen-hairs to high levels of natural radiation in the Pocos de Caldas plateau. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45(3), 301-307.



GRANT, W. F. (1994). The present status of higher plant bioassays for the detection of environmental mutagens. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 310(2), 175-185.

GUIMARAES, E. T., DOMINGOS, M., ALVES, E. S., CALDINI JR, N., LOBO, D. J. A., LICHTENFELS, A. J. F. C., & SALDIVA, P. H. N. (2000). Detection of the genotoxicity of air pollutants in and around the city of São Paulo (Brazil) with the *Tradescantia*-micronucleus (Trad-MCN) assay. *Environmental and Experimental Botany*, 44(1), 1-8.

HABERMANN, M., MEDEIROS, A. P. P., & GOUVEIA, N. (2011). Tráfego veicular como método de avaliação da exposição à poluição atmosférica nas grandes metrópoles; Motor vehicle traffic as an air pollution exposure assessment method in big cities. *Rev. bras. epidemiol*, 14(1), 120-130.

HEDDLE, J. A. (1973). A rapid in vivo test for chromosomal damage. *Mutation Research / Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 18(2), 187-190.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Informações estatísticas. Presidente Prudente; 2013. [acesso em 2013 ago. 18] Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/232SR>.

ISIDORI, M., FERRARA, M., LAVORGNA, M., NARDELLI, A., & PARRELLA, A. (2003). In situ monitoring of urban air in Southern Italy with the *Tradescantia* micronucleus bioassay and semipermeable membrane devices (SPMDs). *Chemosphere*, 52(1), 121-126.

KLUMPP, A., ANSEL, W., KLUMPP, G., CALATAYUD, V., GARREC, J. P., HE, S., & VERGNE, P. (2006). *Tradescantia* micronucleus test indicates genotoxic potential of traffic emissions in European cities. *Environmental Pollution*, 139(3), 515-522.

MA, T. H. (1981). *Tradescantia* micronucleus bioassay and pollen tube chromatid aberration test for in situ monitoring and mutagen screening. *Environmental Health Perspectives*, 37, 85.

MA, T. H., CABRERA, G. L., CHEN, R., GILL, B. S., SANDHU, S. S., VANDENBERG, A. L., & SALAMONE, M. F. (1994). *Tradescantia* micronucleus bioassay. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 310(2), 221-230.

MAIOLI, O. L. G., SANTOS, J. M., JÚNIOR, R., COSTA, N., & CASSINI, S. T. A. (2008). Foliar analyses of biochemical parameters of *Licania tomentosa* (Benth.) and *Bauhinia forficata* (Link.) species for air quality assessment. *Química Nova*, 31(8), 1925-1932.

MAKI, E. S., SHITSUKA, R., BARROQUEIRO, C. H., & SHITSUKA, D. M. (2013). Utilização de Bioindicadores em Monitoramento de Poluição. *Biota Amazônia*, 3(2), 169-178.

MARCILIO, I., & GOUVEIA, N. (2007). Quantifying the impact of air pollution on the urban population of Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 23, S529-S536.

MARIANI, R. L., JORGE, M. P. M., & PEREIRA, S. S. (2012). Caracterização da qualidade do ar em São José Dos Campos-SP, utilizando *Tradescantia pallida* (Trad-MCN). *Geochimica Brasiliensis*, 22(1).

MIŠÍK, M., MIČIETA, K., SOLENSKÁ, M., MIŠÍKOVÁ, K., PISARČÍKOVÁ, H., & KNASMÜLLER, S. (2007). In situ biomonitoring of the genotoxic effects of mixed industrial emissions using the *Tradescantia* micronucleus and pollen abortion tests with wild life plants: Demonstration of the efficacy of emission controls in an eastern European city. *Environmental Pollution*, 145(2), 459-466.

MONARCA, S., FERETTI, D., ZANARDINI, A., FALISTOCCO, E., & NARDI, G. (1999). Monitoring of mutagens in urban air samples. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 426(2), 189-192.



MONARCA, S., FERETTI, D., ZERBINI, I., ALBERTI, A., ZANI, C., RESOLA, S. & NARDI, G. (2002). Soil contamination detected using bacterial and plant mutagenicity tests and chemical analyses. *Environmental research*, 88(1), 64-69.

NASCIMENTO, L. F. C., PEREIRA, L. A. A., BRAGA, A. L., MÓDOLO, M. C. C., & CARVALHO JR, J. A. (2006). Efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil em São José dos Campos, SP. *Rev Saúde Pública*, 40(1), 77-82.

PERERA, F., HEMMINKI, K., JEDRYCHOWSKI, W., WHYATT, R., CAMPBELL, U., HSU, Y., ... & O'NEILL, J. P. (2002). In utero DNA damage from environmental pollution is associated with somatic gene mutation in newborns. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 11(10), 1134-1137.

RODRIGUES, G. S., MA, T. H., PIMENTEL, D., WEINSTEIN, L. H., & ICHIKAWA, S. (1997). Tradescantia bioassays as monitoring systems for environmental mutagenesis: a review. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 16(4), 325-359.

SILVA, J. S. Efeitos genotóxicos em tétrades de *Tradescantia pallida* (Rose) DR Hunt Var. *purpurea* induzidos por poluentes atmosféricos na cidade de Salvador-BA. Monografia, Universidade Federal de Feira de Santana, Feira de Santana-BA, 2005.

TEIXEIRA, M. C. V., & BARBÉRIO, A. (2012). Biomonitoring of the air with *Tradescantia pallida* (Rose) DR Hunt var *purpurea* Boom (Commelinaceae). *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 7(3), 279-292.

YANAGI, Y.. Estudo da influência do material particulado na incidência e mortalidade por câncer na cidade de São Paulo. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Saúde Ambiental.