



POTENCIAL GENOTÓXICO DO AR ATMOSFÉRICO NO MUNICÍPIO DE CAMPO BOM, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Márcio Hisayuki Sasamori – marcio_sasamori@yahoo.com.br
Universidade Feevale
RS 239, 2755, CEP. 93525-075 – Novo Hamburgo – RS

Delio Endres Júnior – deliojendres@hotmail.com
Universidade Feevale

Annette Droste – annette@feevale.br
Universidade Feevale

Resumo: A poluição atmosférica consiste no aumento de substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente, sendo influenciada pela presença da vegetação e pelos fatores meteorológicos. O objetivo do estudo foi monitorar a genotoxicidade do ar atmosférico em borda e interior de um fragmento florestal, bem como na área urbana de Campo Bom. Trimestralmente, de novembro de 2014 a agosto de 2015, ramos com inflorescências jovens de *Tradescantia pallida* var. *purpurea* foram expostos por 8 h nos pontos amostrais. Simultaneamente, foram realizados controles negativos. Antes e após da exposição nos ambientes, os ramos foram mantidos em sala climatizada, para adaptação e recuperação das inflorescências. Frequências de micronúcleos (MCN) foram determinadas em tétrades jovens e expressas como MCN/100 tétrades. Em cada exposição, não houve diferença entre as frequências de MCN, quando comparados os três ambientes entre si e com o controle. Para os três ambientes do município, as frequências de MCN variaram ao longo do tempo entre 1,1 a 3,4. Os resultados preliminares permitem inferir que não houve genotoxicidade atmosférica na área urbana do município, assim como na área rural. Também, não se pode afirmar que a vegetação do fragmento florestal tenha influenciado sobre a qualidade do ar atmosférico, já que as frequências de MCN se mostravam estatisticamente iguais ao controle. Contudo, as frequências de micronúcleos de algumas exposições foram numericamente superiores ao controle, indicando uma possível ação de poluentes em alguns períodos nos ambientes estudados, exigindo um monitoramento continuado, o qual permita o entendimento sobre a dinâmica dos poluentes.

Palavras-chave: genotoxicidade, bioensaio, *Tradescantia pallida* var. *purpurea*, poluição atmosférica.

POTENTIAL GENOTOXIC OF THE ATMOSPHERIC AIR IN THE MUNICIPALITY CAMPO BOM, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

Abstract: Air pollution is the increase of harmful substances to the health of human population and the environment, being influenced by factors such as the composition of the vegetation and meteorological factors. The aim of the present work was to evaluate the genotoxicity of the atmospheric air in the edge and inside a forest fragment, as well as in the urban area of Campo Bom. Quarterly, from November 2014 to August 2015, cuttings with young inflorescences of *Tradescantia pallida* var. *purpurea* were exposed for 8 h in the sampling points. Simultaneously, negative controls



were made. Previously and after exposure, the cuttings were maintained in acclimatized room, for adaptation and recovery of inflorescences. Micronuclei (MCN) frequencies were determined in young tetrads and expressed as MCN/100 tetrads. Significant differences were not observed in each exposure between micronuclei frequencies when compared the three environments, and with the control. The micronuclei frequencies for the three municipality environments fluctuated between 1.1 to 3.4 over time. The preliminary results showed not have atmospheric genotoxicity in urban areas of the municipality and in the rural area. In addition, we cannot say that the vegetation of the forest fragment may have influenced on the atmospheric air quality, once micronuclei frequencies of the exposed plants showed statistically equal to control. However, the micronuclei frequencies in some exposures were numerically higher than the group control, indicating a possible action of the pollutants in some periods in the studied environments, requiring continuous monitoring that will allow an understanding of the pollutants dynamics on different environments.

Keywords: genotoxicity, bioassay, *Tradescantia pallida* var. *purpurea*, atmospheric pollution.

1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica consiste no aumento da concentração de gases e material particulado presentes no ar atmosférico, o que tem sido associado às emissões causadas pela frota veicular e pelas atividades industriais, principalmente junto aos centros urbanos (REYMÃO *et al.*, 1997; BATALHA *et al.*, 1999). Os principais poluentes liberados por essas atividades são dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de enxofre (SO₂ e SO₃) e de nitrogênio (NO e NO₂), ozônio (O₃), material particulado inalável (MP_{0,1}, MP_{2,5} e MP₁₀), compostos orgânicos voláteis (COVs) e hidrocarbonetos (HC) (MONARCA *et al.*, 1999; MEIRELES *et al.*, 2009; ALVES *et al.*, 2011).

A avaliação dos riscos dos poluentes atmosféricos, de modo geral, é baseada pela detecção de concentrações de elementos químicos por meio de análises químicas, identificando as substâncias separadamente. No entanto, estudos do efeito sinérgico e genotóxico das misturas complexas destas substâncias ainda são pouco conhecidos (SAVÓIA *et al.*, 2009; MERLO *et al.*, 2011). Bioindicadores são organismos que respondem ao conjunto de poluentes presentes no ar atmosférico e a outros fatores ambientais, podendo ser utilizados em indicação à qualidade ambiental (CARRERAS *et al.*, 2009). Os poluentes podem causar uma série de danos aos organismos vegetais, como a desagregação de ceras epicuticulares e obliteração dos estômatos, causando mudanças estruturais causadas pelas menores taxas de transpiração e fotossíntese (VISKARI *et al.* 2000). Portanto, as respostas das plantas bioindicadoras podem ser observadas em nível macroscópico, a partir de cloroses, necroses, queda de folhas ou diminuição no crescimento, ou em nível microscópico, a partir de danos genéticos, estruturais, fisiológicos ou bioquímicos (ELLENBERG, 1991). Os bioensaios com espécies de plantas se mostram eficientes para a detecção de poluentes genotóxicos em estudos sobre o monitoramento da qualidade do ar atmosférico (MA *et al.*, 1994).

O teste de micronúcleos em *Tradescantia* (Trad-MCN) é uma importante ferramenta para o biomonitoramento da qualidade do ar atmosférico e consiste de um método amplamente utilizado, já que é considerado rápido, simples e barato em relação a outros métodos (FALISTOCCO *et al.*, 2000; KLUMPP *et al.*, 2006). Desenvolvido em 1976 para a detecção de poluentes gasosos, o teste Trad-MCN foi validado em 1984 para diversos tipos de substâncias químicas (MA *et al.*, 1984), a metodologia aplicada no teste permite eliminar certos fatores, como diferenças nas características do solo, suprimento de água, estágio de desenvolvimento e exposição das plantas, que poderiam modificar os resultados (GUIMARÃES *et al.*, 2000) e mascarar os efeitos dos poluentes propriamente ditos.

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos é caracterizada pela ocupação desordenada e pela alta densidade populacional, principalmente nos seus trechos médio e inferior (FIGUEIREDO *et al.*,



2010), onde as áreas de vegetação estão imersas em matrizes compostas por centros urbanos, zonas industriais e rodovias. As florestas urbanas são os mosaicos compostos pela vegetação presentes em núcleos urbanos, independentemente de seu tamanho, incluindo as árvores isoladas ou em pequenos grupos, típicas de ruas, avenidas e praças, bem como as áreas com vegetação contínua, que compõe parques, áreas de conservação públicas ou privadas (MILLER, 1997; MAGALHÃES, 2006). Além de estes ambientes se mostrarem importantes para a conservação de grande parte das espécies da flora nativa (SANTIN, 1999) a vegetação influencia em processos que permitem a retenção e deposição de material particulado, bem como a absorção de poluentes gasosos (GIVONI *et al.*, 2003; SASHUABAR & HOFFMAN, 2004), podendo atuar sobre a qualidade do ar atmosférico em regiões antropizadas.

Estudos utilizando o teste de micronúcleos em *Tradescantia* na região têm demonstrado significativa genotoxicidade do ar atmosférico nas áreas urbanas em relação à ambientes com vegetação preservada, como áreas rurais ou no interior de matas ciliares (COSTA & DROSTE, 2012; CASSANEGO *et al.*, 2015). Segundo estudo desenvolvido por Cassanego *et al.* (2015), podem ser observadas maiores frequências de micronúcleos em tétrades de *Tradescantia pallida* var. *purpurea* quando ramos com inflorescências são expostos em ambientes urbanos, sendo relacionadas principalmente à circulação de veículos junto aos pontos amostrais.

Entretanto, não existem estudos que comparem o potencial genotóxico do ar atmosférico em borda e interior de fragmentos florestais, o que permitiria entender sobre o efeito da vegetação sobre a qualidade do ar. Com base nisso, o estudo objetivou monitorar a genotoxicidade do ar atmosférico em borda e interior de um fragmento florestal localizado na área rural, bem como em um ponto na área urbana do município de Campo Bom. As comparações entre as frequências de micronúcleos destes pontos, bem como a sua relação com dados já descritos na literatura para o município, permitirão responder: (a) se há maior genotoxicidade atmosférica na área urbana do município em relação à área rural; (b) se há redução da borda do fragmento florestal para o interior; (c) se existem variações nas frequências de micronúcleos entre pontos amostrais localizados na área urbana e em relação à área rural e de vegetação ripária.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e pontos amostrais

O município de Campo Bom compõe o terço inferior da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e está inserido na região metropolitana de Porto Alegre, entre as coordenadas geográficas 29°40'54" S e 51°03'25" O. Os pontos amostrais 1 e 2 estão localizados na zona rural do município, na borda: entre 5 e 10m da margem do fragmento e no interior: entre 160 e 175m da margem de um fragmento de Floresta Atlântica (Fig. 1). A vegetação que compõe o fragmento pertence ao Bioma Floresta Atlântica e à unidade fitoecológica da Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 2012) e este é determinado segundo a lei municipal n.º 2.988, de 10 de outubro de 2006, como uma área de preservação permanente (APP) do município. O ponto 3 está localizado junto ao Centro Municipal de Educação Ambiental de Campo Bom, próximo à Avenida dos Estados, uma das principais vias de acesso aos bairros do município.

2.2. Material biológico e bioensaio

As inflorescências de *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea* Boom (COMMELINACEAE) foram coletadas de plantas cultivadas no campus da universidade, as quais foram regadas e fertilizadas periodicamente. Após coleta, as inflorescências permaneceram em adaptação por um período de 24 horas, parcialmente imersos em água destilada, sob iluminação



natural e temperatura controlada ($26\pm 1^\circ\text{C}$) em sala climatizada do laboratório. Os recipientes com água destilada contendo as inflorescências foram levados aos pontos amostrais, dentro de caixas térmicas, e expostos por oito horas. Posteriormente, os recipientes com as inflorescências foram levadas ao laboratório, passando por um período de recuperação de 24 horas na sala climatizada. As exposições ocorreram em novembro de 2014, fevereiro, maio e agosto de 2015, contemplando as quatro estações do ano. Em cada estação foi feito também um controle negativo, o qual foi mantido em sala climatizada durante o período de exposição. Também, o número de veículos em circulação foi mensurado durante a primeira hora de exposição das inflorescências, na avenida onde está localizado o ponto da área urbana. Após cada exposição, as inflorescências foram fixadas em solução de ácido acético glacial e álcool etílico absoluto (1:3 v:v) por 24 horas e armazenadas em álcool etílico 70% sob refrigeração. Lâminas foram preparadas e as frequências de micronúcleos (micronúcleos/100 tétrades) foram estimadas a partir da contagem de micronúcleos em 300 tétrades. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e à análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey a 5% de probabilidade. A partir dos resultados do presente estudo e de bibliografia específica, foi elaborado um mapa com a inserção dos pontos amostrais e as respectivas frequências de micronúcleos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na borda, as médias de MCN variaram de 1,7 a 2,7, verificados no verão de 2015 e na primavera de 2014, respectivamente, sem diferença significativa entre as exposições (Tab. 1). No interior florestal a variação das frequências de micronúcleo foi estatisticamente significativa entre as exposições, sendo que a menor média de MCN foi verificada no outono de 2015 e a maior na primavera de 2014 (1,1 e 3,4, respectivamente). Na área urbana, foi verificada a maior média de micronúcleos em novembro de 2014 (3,5), sem diferença estatística entre os levantamentos do mesmo ambiente. As médias dos controles negativos foram aquelas que apresentaram menor variação, entre 1,8 e 2,1 micronúcleos/100 tétrades, sem diferença significativa, as quais, exceto pela exposição de agosto de 2015, ficaram abaixo do limite que corresponde às taxas de mutação espontânea para ambientes considerados não poluídos (PEREIRA *et al.*, 2013).

Tabela 1: Frequências de micronúcleos (média \pm desvio padrão) em *Tradescantia pallida* var. *purpurea* expostas nos pontos amostrais no município de Campo Bom.

Ponto amostral	nov/14	fev/15	mai/15	ago/15	F	p
Borda	2,67 \pm 1,60 aA*	1,67 \pm 0,80 aA	2,22 \pm 1,71 aA	2,44 \pm 1,12 aA	1,063	0,375
Interior	3,36 \pm 1,76 bA	2,08 \pm 1,13 abA	1,14 \pm 0,70 aA	2,61 \pm 1,33 bA	6,204	0,001
Centro	3,45 \pm 2,93 aA	1,69 \pm 1,08 aA	2,56 \pm 3,48 aA	2,44 \pm 0,80 aA	1,341	0,274
Controle	1,83 \pm 1,26 aA	1,86 \pm 1,20 aA	1,83 \pm 1,18 aA	2,08 \pm 1,10 aA	0,252	0,860
F	1,524	0,311	1,315	0,448		
p	0,222	0,817	0,282	0,720		

*Médias com diferentes letras nas linhas demonstram diferença significativa de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Médias com diferentes letras nas colunas indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



Em cada exposição, não houve diferença entre as médias das frequências de micronúcleos, quando comparados os três ambientes entre si e com o controle negativo (Tab. 1), o que demonstra que estes ambientes, de forma geral, não apresentam potencial genotóxico. Cassanego *et al.* (2015) verificaram que, para o centro do município de Campo Bom, as frequências médias de micronúcleos variaram de 2,8 a 4,9 entre maio de 2012 e março de 2013, valores significativamente superiores àqueles encontrados nos controles negativos para o mesmo período (com médias entre 1,3 e 1,9 MCN), diferindo também em três das seis exposições realizadas em mata ciliar. As médias das frequências obtidas nas exposições deste estudo para o centro e para o ponto de mata ciliar de Campo Bom foram calculadas (Fig. 1 pontos A e B) e se mostram numericamente superiores àquelas encontradas no presente estudo, para o ponto urbano (Fig. 1 ponto 3) e para os pontos localizados na área rural (Fig. 1 pontos 1 e 2). O ar atmosférico dos centros urbanos pode apresentar uma série de poluentes emitidas por fontes fixas e móveis, como gases e material particulado (TEIXEIRA *et al.* 2008, 2012). A maior frequência média de micronúcleos verificada junto à principal avenida do município de Campo Bom, observada por Cassanego *et al.* (2015), foi relacionada positivamente ao tráfego veicular no ponto amostral, que variou de 505 a 900 veículos/hora. Entretanto, apesar de o ponto urbano do presente estudo estar próximo a tal avenida (< 1km), as frequências de micronúcleos se mostraram iguais àquelas obtidas nos controles negativos (Tab. 1). É importante ressaltar que o ponto da área urbana do presente estudo apresentou tráfego veicular muito menor que o registrado por Cassanego *et al.* (2015), que variou de 399 a 484 veículos/hora. O ponto da área urbana é próximo à Av. dos Estados, uma das avenidas de acesso aos bairros do município, é uma das vias mais arborizadas do município, devido à presença de áreas de lazer públicas, como parques e praças, bem como da vegetação do entorno do Arroio Schmidt, composição que pode atuar, juntamente ao arranjo de ruas e edifícios, para uma menor genotoxicidade atmosférica (CARRERAS *et al.* 2006).

Quando as plantas de *Tradescantia* foram expostas ao ar atmosférico da área urbana de Estância Velha, a 10,8km do ponto urbano do presente estudo, as frequências de micronúcleos variaram de 3,3 a 8,1, significativamente superior em relação aos controles negativos para o mesmo período (COSTA & DROSTE, 2012). Também, no mesmo estudo, quando expostas ao ar atmosférico na área rural do município de Novo Hamburgo, a 14,5km do ponto urbano do presente estudo, as frequências de micronúcleos variaram de 1,0 a 1,3, estatisticamente iguais aos controles. Blume *et al.* (2014) verificaram frequências de micronúcleos de variaram de 4,8 a 8,3 (outubro e julho de 2012, respectivamente) em um ponto amostral localizado no município de Sapucaia do Sul, também inserido na Região Metropolitana de Porto Alegre, a 18,6 km de distância do ponto urbano do presente estudo. Segundo os autores, em todas as amostragens realizadas foi observada diferença significativa entre as frequências de micronúcleos em relação aos controles negativos, que variaram de 1,2 a 1,9, indicando constante genotoxicidade do ar na área de estudo. Tais estudos demonstram que quando as inflorescências de *Tradescantia* são expostas nas áreas rurais, ou mesmo junto de matas ciliares, são registradas frequências de micronúcleos inferiores, indicando um menor efeito da poluição urbana sobre estes ambientes. Também, além do tráfego veicular, fatores como a umidade relativa do ar, temperatura e precipitação podem contribuir para a formação de micronúcleos em tétrades de *Tradescantia* (PEREIRA *et al.*, 2013; BLUME *et al.*, 2014; CASSANEGO *et al.*, 2015), as quais podem variar de acordo com as características meteorológicas ao longo do tempo e do espaço.

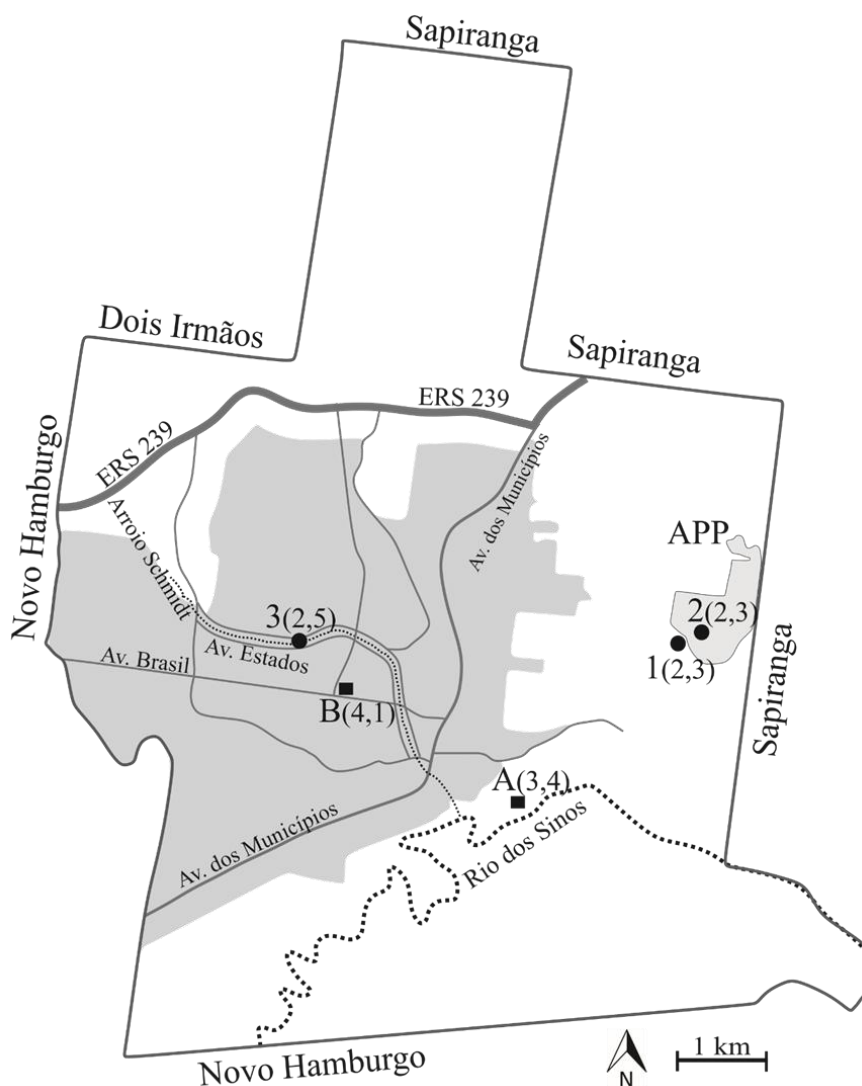


Figura 1: Ilustração do município de Campo Bom, com as médias das frequências de micronúcleos nos respectivos pontos amostrais. 1. Borda florestal; 2. Interior; 3. Ponto da área urbana; A e B. Pontos amostrais do Centro e da vegetação ripária, respectivamente (CASSANEGO *et al.*, 2015). Em destaque a malha urbana do município (cinza) e o fragmento florestal (APP).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados preliminares permitem inferir que, quando levados em consideração os pontos avaliados, no período descrito, não houve genotoxicidade atmosférica na área urbana do município e na área rural. Também, não se pode afirmar que a vegetação do fragmento florestal tenha influenciado sobre a qualidade do ar atmosférico, já que as frequências de micronúcleos se mostravam semelhantes ao controle tanto a borda quanto no interior. Entretanto, quando comparados aos dados da literatura, pode-se verificar diferenças numéricas nas frequências médias de micronúcleos nas tétrades de *Tradescantia* entre pontos amostrais relativamente próximos. Isso indica que, não somente características relacionadas à vegetação urbana estejam atuando sobre a qualidade do ar atmosférico no município, mas também fatores como a composição do ambiente como um todo, envolvendo o



arranjo de ruas e edificações e ao trânsito dos veículos em relação às vias do município. Entretanto, as frequências médias de micronúcleos superiores às consideradas como taxas de mutação espontânea pela literatura, exceto nas exposições de borda no verão e no interior no outono, deixam um indicativo de que há a ação de poluentes nos ambientes estudados e de que há a necessidade de um monitoramento continuado, que permita o entendimento sobre a dinâmica dos poluentes em diferentes ambientes de um mesmo município.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Feevale pela infraestrutura, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado e de doutorado, para o primeiro e o segundo autor, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, N. O.; LOUREIRO, A. L. M.; SANTOS, F. C.; NASCIMENTO, K. H., DALLACORT, R.; VASCONCELLOS, P. C.; HACON, S. S.; ARTAXO, P.; MEDEIROS, S. R. B. Genotoxicity and composition of particulate matter from biomass burning in the eastern Brazilian Amazon region. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, p. 1427-1433, 2011.

BATALHA, J. R. F.; GUIMARÃES, E. T.; LOBO, D. J. A.; LICHTENFELS, A. J. F. C.; DEUR, T.; CARVALHO, H. A.; ALVES, E. S.; DOMINGOS, M.; RODRIGUES, G. S.; SALDIVA, P. H. N. Exploring the clastogenic effects of air pollutants in São Paulo (Brazil) using the *Tradescantia* micronuclei assay. **Mutation Research**, v. 426, p. 229-232, 1999.

BLUME, K. K.; COSTA, G. M.; CASSANEGO, M. B. B. & DROSTE, A. Genotoxicidade do ar em área urbana na região metropolitana de Porto Alegre, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 12, n. 3, p.158-163, 2014.

CARRERAS, H. A., PIGNATA, M. L., SALDIVA, P. H. N. *In situ* monitoring of urban air in Cordoba, Argentina using the *Tradescantia* micronucleus (Trad-MCN) bioassay. **Atmospheric Environment**, v. 40, p. 7824-7830, 2006.

CARRERAS, H. A.; RODRIGUES, J. H.; GONZÁLES, C. M.; WANNAS, E. D.; GARCIA FERREYRA, F.; PEREZ, C. A.; PIGNATA, M. L. Assessment of the relationship between total suspended particles and the response of two biological indicators transplanted to na urban area in central Argentina. **Atmospheric Environment**, v. 43, p. 2944-2949, 2009.

CASSANEGO, M. B. B.; SASAMORI, M. H.; PETRY, C. T.; DROSTE, A. 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. S79-S87, 2015.

COSTA, G. M.; DROSTE, A. Genotoxicity on *Tradescantia pallida* var. *purpurea* plants exposed to urban and rural environments in the metropolitan area of Porto Alegre, southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, p. 801-806, 2012.



ELLENBERG, H. Bioindicators and biological monitoring. *In: Biological monitoring. signals from the environment* (H. Ellenberg, ed.). **Vieweg, Braunschweig**, p.13-127, 1991.

FALISTOCCO, E.; TORRICELLI, R.; FERETTI, D.; ZERBINI, I.; ZANL, C.; MONARCA, S. Enhancement of micronuclei frequency in the *Tradescantia*/micronuclei test using a long recovery time. **Hereditas**, v. 133, p. 171–174, 2000.

FIGUEIREDO, J. A. S.; DRUMM, E.; RODRIGUES, M. A. S.; SPILKI, F. R. The Rio dos Sinos watershed: an economic and social space and its interface with environmental status. **Brazilian Journal of Biology**, v.70, n.4, p.1131-1136, 2010.

GIVONI, B.; NOGUCHI, M.; SAARONI, H.; POCHTER, O.; YAACOV, Y.; FELLER, N.; BECKER, S. Outdoor comfort research issues. **Energy and Buildings**, v. 35, p. 77-86, 2003.

GUIMARÃES, E. T.; DOMINGOS, M.; ALVES, E. S.; CALDINI Jr, N.; LOBO, D. J. A.; LICHTENFELS, A. J. F. C.; SALDIVA, P. H. N. 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**, v. 44, p. 1-8, 2000.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. IBGE Cidades. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/linl.php?uf=rs>>. Acesso em: 10 jan.2016.

KLUMPP, A.; ANSEL, W.; KLUMPP, G.; CALATAYUD, V.; GARREC, J. P.; HE, S.; PENUELAS, J.; RIBAS, A.; ROPOULSEN, H.; RASMUSSEN, S.; SANZ, M. J.; VERGNE, P. Ozone pollution and ozone biomonitoring in European cities. Part I: ozone concentrations and cumulative exposure indices at urban and suburban sites. **Atmospheric Environment**, v. 40, p. 7963–7974, 2006.

MA, T. H.; HARRYS, M.; ANDERSON, V. A.; AHMED, I. MOHAMMAD, K.; BARE, J. L.; LIN, G. *Tradescantia*-micronucleos (TRAD-MCN) tests on 140 health-related agents. **Mutation Research**, v. 138, p. 157-167. 1984.

MA T. H.; CABRERA, G. L.; CHEN, R.; GILL, B. S.; SANDHU, S. S.; VANDENBERG, A. L.; SALAMONE, M. F. *Tradescantia* micronucleus bioassay. **Mutation Research**, v. 310, p. 221-230, 1994.

MAGALHÃES, L. M. S. Arborização em florestas urbanas – terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. **Floresta e Ambiente, série técnica**, p. 23-26, 2006.

MEIRELES, J.; ROCHA, R.; NETO, A.C.; CERQUEIRA, E. Genotoxic effects of vehicle traffic pollution as evaluated by micronuclei test in *Tradescantia* (Trad-MCN). **Mutation Research**, v. 675, p. 46-50, 2009.

MERLO, C.; ABRIL, A.; AMÉ, M.V.; ARGUELLO, G.A.; CARRERAS, H.A.; CHIAPPERO, M.S.; HUED, A.C.; WANNAZ, E.; GALANTI, L.N.; MONFERRÁN, M.V.; GONZÁLEZ, C.M.; SOLÍS, V.M. Integral assessment of pollution in the Suquía River (Córdoba, Argentina) as a contribution to lotic ecosystem restoration programs. **The Science of the Total Environment**, v. 409, n. 23, p. 5034-5045, 2011.

MILLER, R. W. Urban forestry-planning and managing urban greenspaces. 2ª Ed. **Prentice Hall**. p. 502, 1997.



MONARCA, S.; FERETTI, D.; ZANARDINI, A.; FALISTOCCO, E.; NARDI, G. Monitoring of mutagens in urban air samples. **Mutation Research**, v. 426, p. 189-192, 1999.

PEREIRA, B. B.; CAMPOS JÚNIOR, E. O.; MORELLI, S. *In situ* biomonitoring of the genotoxic effects of vehicular pollution in Uberlândia, Brazil, using a *Tradescantia* micronucleus assay. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 87, p. 17-22, 2013.

REYMÃO, M. S. F. R.; CURY, P. M.; LICHTENFELS, A. J. F. C.; LEMOS, M.; BATHLENNER, C. N.; CONCEIÇÃO, G. M. S.; CAPELOZZI, V. L.; MONTES, G. S.; MARINS, M. A.; BÖHM, G. M.; SALDIVA, P. H. N. Urban air pollution enhances the formation of urethane-induced lung tumors in mice. **Environmental Research**, v. 74, p. 150–158, 1997.

SANTIN, D. A. **A vegetação remanescente do município de Campinas (SP): mapeamento, caracterização fisionômica e florística, visando a conservação.** Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP. 1999.

SAVÓIA, E.J.L.; DOMINGOS, M.; GUIMARÃES, E.T.; BRUMATI, F.; SALDIVA, P.H., 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.

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M.E. Quantitative evaluation of passive cooling of the UCL microclimate in hot regions in summer — case study: urban streets and courtyards with trees. **Journal of Building and Environment**, v. 39, p. 1087–1099, 2004.

TEIXEIRA, E. C.; FELTES, S.; SANTANA, E. R. Estudo das emissões de fontes móveis na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Química Nova**, v. 31, p. 244-248, 2008.

TEIXEIRA, E. C.; MATTIUZI, C. D. P.; FELTES, S.; WIEGAND, F.; SANTANA, E. R. R. Estimated atmospheric emissions from biodiesel and characterization of pollutants in the metropolitan area of Porto Alegre - RS. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 3, p. 655-667, 2012.

VISKARI, E. L.; HOLOPAINEN, T.; KÄRENLAMPI, L. Responses of spruce seedlings (*Picea abies*) to exhaust gas under laboratory conditions-II ultrastructural changes and stomatal behaviour. **Environmental Pollution**, V. 107, P. 99-107, 2000.