

Efeitos genotóxicos em tétrades de tradescantia pallida var. Purpurea (commelinaceae) induzidos por poluentes atmosféricos na cidade de Joinville, Santa Catarina, Brasil

Genotoxic effects on tetrads of tradescantia pallida var. Purpurea (commelinaceae) induced by atmospheric pollutants in the city of Joinville, Santa Catarina, brazil

DOI:10.34119/bjhrv2n5-065

Recebimento dos originais: 27/09/2019

Aceitação para publicação: 24/10/2019

Valéria Cristina Rufo Vetorazzi

Mestre em genética pela Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho
Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

Endereço : Rua: Paulo Malschitzski, nº 10 – Zona Industrial CEP 89219-710 – Joinville,
SC, Brasil

E-mail: valeriac.rufo@gmail.com

Bruna Tays Hartelt

Graduação em Ciências biológicas - Bacharelado em meio ambiente e Biodiversidade.-
Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

Instituição: Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

Endereço : Rua: Paulo Malschitzski, nº 10 – Zona Industrial CEP 89219-710 – Joinville,
SC, Brasil

E-mail: brunahartelt@hotmail.com

Dalva Marques

Mestre em Genética- Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

Endereço : Rua: Paulo Malschitzski, nº 10 – Zona Industrial CEP 89219-710 – Joinville,
SC, Brasil

E-mail: dalvamarq2015@gmail.com

Pedro Carlos Pinheiro

Doutor em Ecologia e Recursos Naturais- Universidade Federal de São Carlos -SP

Instituição: Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

Endereço : Rua: Paulo Malschitzski, nº 10 – Zona Industrial CEP 89219-710 – Joinville,
SC, Brasil

E-mail: pinheiro.pc@terra.com.br

RESUMO

O biomonitoramento atmosférico permite avaliar a qualidade do ar em áreas extensas, utilizando organismos vivos que respondem à poluição alterando suas funções ou acumulando toxinas. Esse estudo objetivou avaliar a genotoxicidade do ar atmosférico na

cidade de Joinville com o uso do Teste de Micronúcleo em Tradescantia (Trad-MCN). Foram adotados como pontos amostrais cinco canteiros ornamentados com Tradescantia pallida: Ponto 1: Cemitério Municipal; Ponto 2: segmento da rua São Paulo; Ponto 3: Mercado Público; Ponto 4: rua Albano Schmidt; e Ponto 5: um segmento da rua Dr. João Colin. Após a escolha dos pontos amostrais, foram realizados ensaios cromossômicos por meio da contagem de micronúcleo em sistema vegetal. As análises foram feitas sob microscopia óptica (400X) e a cada lâmina, foi contado o número de MCN em 300 tétrades. Não foram observadas diferenças significativas entre as frequências de MCN nos diferentes pontos amostrais, as análises estatísticas revelaram que a frequência média de MCN ficou entre 0,84% e 0,56%. Apesar de Joinville ser uma forte potência industrial do estado e uma região em constante desenvolvimento, os dados obtidos no estudo realizado, revelaram que a poluição do ar atmosférico não se mostrou causadora de um aumento na frequência de MCN da planta em estudo.

Palavras-chave: Biomonitoramento; Genotoxicidade; Micronúcleo; Trad-Mcn.

ABSTRACT

Atmospheric biomonitoring allows the assessment of air quality in large areas using living organisms that respond to pollution by changing their functions or accumulating toxins. This study aimed to evaluate the genotoxicity of atmospheric air in the city of Joinville with the use of the Micronucleus Test on Tradescantia (Trad-MCN). Five flowerbeds ornamented with Tradescantia pallida were used as sample points: Point 1 in the Municipal Cemetery; Point 2 in a segment of São Paulo Street; Point 3 in the Public Market; Point 4 on Albano Schmidt Street; and Point 5 in a segment of Dr. João Colin Street. After the selection of the sample points, the chromosome assays were performed by means of the micronucleus count in the plant system. The analyzes were done under optical microscope (400X) and the number of MCNs in 300 tetrads was counted on each slide. No significant differences were observed between MCN frequencies at different sample points. Statistical analyzes revealed that the mean frequency of MCN was between 0.84% and 0.56%. Although Joinville is a strong industrial power in the state and a region in constant development, the data obtained show that atmospheric air pollution did not provoke an increase in the MCN frequency of the study plant.

Keywords: Biomonitoring; Genotoxicity; Micronucleus; Trad-MCN.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos séculos, especialmente após a Revolução Industrial, uma imensa gama de substâncias nocivas foram produzidas de forma intencional ou como subproduto de atividades produtivas e, segundo Braga *et al.* (2002), esses poluentes vem contribuindo como fator de influência na degradação ambiental do planeta, gerando impactos como degradação do solo, da água e do ar em escala exponencial. A degradação da qualidade do ar atmosférico decorre de diferentes atividades humanas, como a industrialização, o crescimento desordenado de centros urbanos, a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e o uso constante de produtos químicos na agricultura (CAON *et al.*, 2016).

O crescimento populacional e o conforto gerado pelo progresso têm contribuído amplamente para o aumento da poluição atmosférica, sobretudo em áreas urbanizadas, fazendo com que o ar apresente cada vez mais substâncias nocivas aos seres vivos, modificando o meio ambiente e comprometendo a qualidade de vida das pessoas que vivem nestas áreas. Dentre os poluentes atmosféricos emitidos em áreas urbanas, os mais significativos são o dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃), ácido sulfúrico (H₂SO₄), sulfato (SO₄), bissulfato (HSO₄) e materiais particulados (MP) (BRAGA *et al.*, 2002). Esses compostos químicos e resíduos tóxicos são responsáveis por possíveis efeitos mutagênicos, colocando em risco a saúde humana, provocando doenças respiratórias, câncer de pulmão e disfunções cardiovasculares. Os efeitos oriundos desses poluentes dependem do período de exposição, clima, estado nutricional, predisposição, idade e impacto simultâneo de outros poluentes (CASTRO & SISENANDO, 2017).

O monitoramento ambiental nas grandes cidades é essencial em função dos inúmeros poluentes que são lançados continuamente na atmosfera, rios, mares e solo. (SILVA, 2005). As alterações na composição química do ar causam efeitos negativos não somente aos seres humanos, mas também na fauna e na flora, podendo estes organismos serem utilizados para avaliar a contaminação atmosférica (BARBÉRIO *et al.*, 2013; LIRA *et al.*, 2008). O biomonitoramento atmosférico é uma técnica que permite avaliar a qualidade do ar em áreas extensas, utilizando organismos vivos que respondem à poluição alterando suas funções ou acumulando toxinas. De maneira geral, os vegetais são mais sensíveis à poluição que os animais, portanto, estudos sobre os efeitos dos poluentes na vegetação fornecem subsídios importantes para os programas de controle da poluição do ar (BARBÉRIO *et al.*, 2013). As respostas das plantas bioindicadoras aos poluentes podem ser observadas tanto em nível macroscópico, através do aparecimento de cloroses, necroses, queda de folhas ou diminuição no seu crescimento, como podem ocorrer em nível genético, estrutural, fisiológico ou bioquímico, não sendo visualmente observadas (ELLENBERG, 1991). Dentre os poluentes atmosféricos citados como mais frequentes em ambientes urbanos, o dióxido de enxofre, o óxido de nitrogênio e o ozônio são tidos como os poluentes mais prejudiciais para as plantas (MELO JÚNIOR *et al.*, 2014).

Bioensaios que utilizam plantas para detecção de agentes mutagênicos são conhecidos como excelentes indicadores de efeitos citogenéticos ocasionados por substâncias químicas presentes no ambiente (GRANT, 1994; BARBÉRIO *et al.*, 2013). Entre os muitos bioindicadores empregados para avaliação do potencial mutagênico da

atmosfera, destaca-se o Teste de Micronúcleo em vegetais. Esse teste foi primeiro utilizado por Evans *et al.* (1959) em experimentos *in vitro* com raiz de *Vicia faba*, sendo hoje aplicado em outros modelos vegetais como *Allium cepa* e *Tradescantia* spp. (Commelinaceae) e é amplamente utilizado em pesquisas visando o monitoramento ambiental (SILVA, 2005).

O Teste de Micronúcleo em *Tradescantia* (Trad-MCN) é considerado valiosa ferramenta por muitos pesquisadores devido ao seu tamanho relativamente pequeno e o código genético compostos por seis pares de cromossomos relativamente grandes, tornando essa planta um instrumento favorável para estudos citogenéticos (CARVALHO, 2005). Considerando o exposto, o presente estudo teve por objetivo observar a genotoxicidade do ar atmosférico com o uso do Teste de Micronúcleo em *Tradescantia* (Trad-MCN) na cidade de Joinville, Santa Catarina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Joinville, na região nordeste de Santa Catarina. Foram adotados como pontos amostrais, cinco canteiros ornamentados com *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea*, localizados em diferentes pontos da cidade que apresentam tráfego diferenciado de veículos (Figura 1). A presença de indústrias diversas também influenciou na escolha dos pontos amostrais.

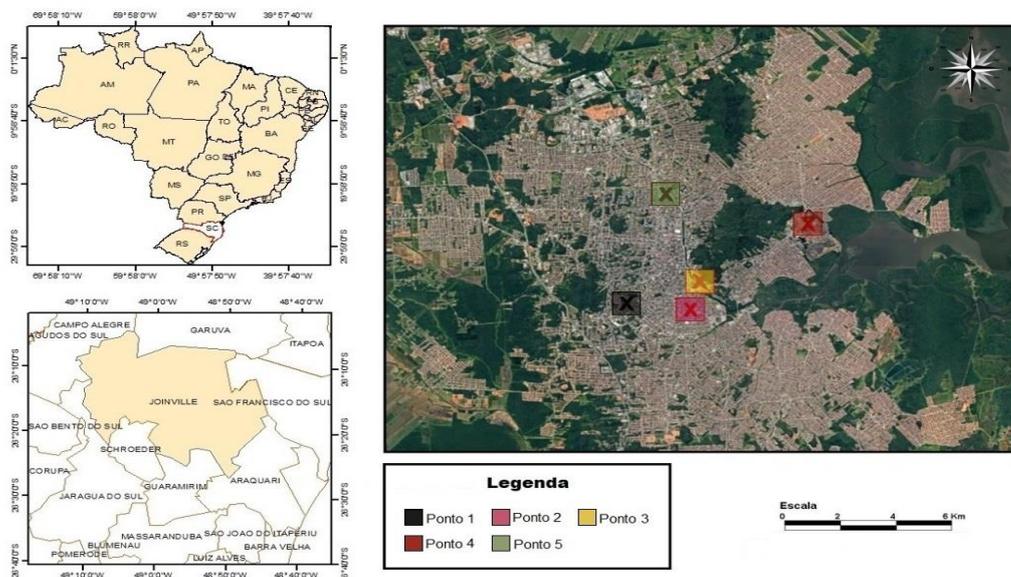


Figura 1. Localização dos pontos de coleta de *Tradescantia pallida*, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

Os pontos amostrais foram enumerados de 1 a 5 e os canteiros escolhidos localizavam-se em: Ponto 1: Cemitério Municipal de Joinville, na rua Ottokar Doerffel, nº 12, bairro Atiradores (26°18'47.0"S 48°51'34.8"W) (Figura 2a); Ponto 2: rua São Paulo, nº 718, bairro Bucarein (26°18'49.4"S 48°50'34.4"W) (Figura 2b); Ponto 3: Mercado Público Municipal Germano Kurt Freisler, na avenida Dr. Paulo Medeiros, bairro Centro (26°18'20.8"S 48°50'25.1"W) (Figura 2c); Ponto 4: rua Albano Schmidt, nº 3345, bairro Boa Vista/Zona Industrial Tupy (26°17'20.1"S 48°48'41.3"W) (Figura 2d); e Ponto 5: rua Dr. João Colin, nº 2270, no bairro América (26°16'47.9"S 48°50'56.7"W) (Figura 2e).



Figura 2. Locais de coleta das inflorescências de *Tradescantia pallida*, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

Fonte primária.

A cidade de Joinville abriga, segundo estimativa do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) 2018, uma população de 583.144 habitantes. A cidade é considerada a maior e mais industrializada do estado, sendo o motor da economia de Santa Catarina, ocupando o primeiro lugar na produção de riquezas do estado, com um Produto Interno Bruto (PIB) que chegou a R\$ 24,5 bilhões no ano de 2014 (IBGE, 2016). Segundo dados publicados pela Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável de Joinville, as principais atividades que garantem esse resultado são as indústrias de metalmeccânica, plástico e têxtil (SEPUD, 2018). Atualmente a cidade conta com mais de 1.400 indústrias nesses setores (MELO JUNIOR et al., 2014). Dados do IBGE (2016), descrevem que a frota de veículos ativos na cidade chega a 383.176, entre

automóveis, motocicletas, ônibus, caminhões, entre outros. Ou seja, uma média de um veículo para cada 1,52 habitantes.

Joinville apresenta clima subtropical e, devido à sua baixa altitude, apresenta em média, temperaturas mais elevadas do que o interior catarinense. A região nordeste de Santa Catarina apresenta uma das maiores variações de temperatura do estado, a média anual é de 22,63°C, sendo a média das máximas 27,18°C e a média das mínimas de 18,91°C. O mês mais quente é janeiro, com temperatura média em torno de 25°C, e julho é o mês mais frio, com temperatura média de 17°C. A umidade relativa do ar varia entre 82 e 86%. O regime de chuvas varia entre 1700 mm e 2700 mm anualmente, sendo esta uma das regiões que apresenta os maiores índices de pluviosidade do estado. As chuvas são abundantes durante todo o ano, mas ocorrem com maior frequência no verão (SAMA, 2016).

2.2 A ESPÉCIE EM ESTUDO

A *Tradescantia pallida* é uma planta que apresenta fácil adaptação em qualquer ambiente, podendo se desenvolver durante todo o ano, tanto ao ar livre como nas regiões subtropicais, quanto em estufas, em qualquer parte do mundo (BARBÉRIO et al., 2013). Pertence à família das Commelinaceae e é originária do Leste do México e Honduras. É uma planta herbácea, postada, suculenta, de 15 a 25 cm de altura, ornamental, com folhas roxas muito decorativas e utilizadas em ornamentação. As flores são pequenas, também roxas, porém pouco vistosas. Por *T. pallida* se tratar de uma espécie bastante utilizada como bioindicadora de genotoxicidade, existem vários trabalhos publicados utilizando-se do método aplicado no presente estudo para análises do índice meiótico.

2.3 COLETA E ANÁLISE DE MATERIAL BOTÂNICO

As coletas foram realizadas no início dos meses de Janeiro, Abril e Julho de 2018, englobando três estações climáticas do ano: verão, outono e inverno, respectivamente. Durante as coletas, as inflorescências foram fixadas em solução etanol/ácido acético (3:1). Essa solução se faz necessária para preservar ao máximo as características celulares de um organismo vivo coletado, para que possa ser realizada análises em laboratório. Após o período de 24 horas, as inflorescências foram transferidas para solução de etanol a 70%, onde permaneceram até a confecção das lâminas. O material coletado foi processado de acordo com o protocolo sugerido nos trabalhos pioneiros de Ma (1981) e Ma *et al.* (1994) e aperfeiçoada nos trabalhos de Silva (2005) e Gorni *et al.* (2014).

Os botões retirados das inflorescências jovens foram dissecados com um bisturi sobre uma lâmina em uma gota de Orceína acética a 2% com o auxílio de um estereomicroscópio, necessário para melhor visualização do procedimento. As anteras assim obtidas, foram levemente maceradas com bastão de vidro e, em seguida, os fragmentos das anteras foram descartados, ficando apenas as células. A etapa seguinte constitui-se de adicionar mais uma gota do corante Orceína acética a 2%, misturar as células ao corante e adicionar a lamínula sobre a preparação, que foi rapidamente aquecida para uma melhor fixação do corante. Durante o período de duração do estudo, foram preparadas cinco lâminas para cada ponto amostral em cada mês de coleta, com botões florais obtidos de cinco inflorescências diferentes por ponto.

A leitura das lâminas teve por objetivo observar a presença de tétrades e possíveis variações, como tríades e díades, com e/ou sem a presença de micronúcleos. A escolha do estágio de tetrade para pesquisa de micronúcleo se deu pelo fato de que neste estágio a célula encontra-se em interfase (não divisão), o que facilita a visualização do núcleo e do possível micronúcleo existente. A contagem das células foi realizada sob microscopia óptica, com aumento de 400X. Foi estimado um total de 300 tétrades por lâmina e, conseqüentemente, 1500 por ponto amostral. Nessa análise, foram comparados os números de tétrades (e variações) com micronúcleos e sem micronúcleos. As tétrades com micronúcleos encontradas em cada lâmina foram contadas e, em seguida, fotografadas.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As frequências de micronúcleos nos cinco pontos amostrais, durante os três meses de estudo, foram comparadas através da análise de variância (ANOVA *one-way*), seguido pelo teste de Tukey. O teste de Tukey é necessário quando se conclui que existe diferença entre as médias de tratamentos analisados na análise de variância, pois o mesmo completa a análise, comparando e mostrando o resultado de todas as combinações de pares de médias (OGLIARI & PACHECO, 2011). Para todas as análises estatísticas, foi utilizado o software Statistica vs 8, e o nível de significância foi fixado em 5% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA NOS MESES AMOSTRADOS

Os dados obtidos no presente estudo permitiram evidenciar diferenças nas três estações do ano abrangidas (Verão, Outono e Inverno), que podem ter sofrido influência

de diferentes fatores. Joinville tem variação sazonal extrema no que diz respeito a temperatura e sensação de umidade. Já a precipitação é característica do ano inteiro, sendo uma das regiões de Santa Catarina que apresenta os maiores índices de pluviosidade. Os meses de verão são os que apresentam os maiores índices pluviométricos do município. Nos meses de inverno há uma redução significativa. Entretanto, como se trata de uma região em que o clima é classificado como mesotérmico úmido, não há estação seca definida (SAMA, 2016). No Gráfico 1 é apresentado o gráfico com a precipitação média mensal para o município de Joinville nos meses amostrados e a relação com a frequência de MCN em cada mês. As informações obtidas a partir do gráfico corroboram com a literatura, demonstrando que há um declínio no índice pluviométrico com as mudanças de estações. O mês de Janeiro apresentou uma média diária de precipitação de 14,48 mm, Abril apresentou média diária de precipitação de 5,06 mm e Julho apresentou a menor média diária de precipitação do estudo, 1,42 mm. Os dados apresentados foram obtidos com o Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão e Cachoeira (CCJ).

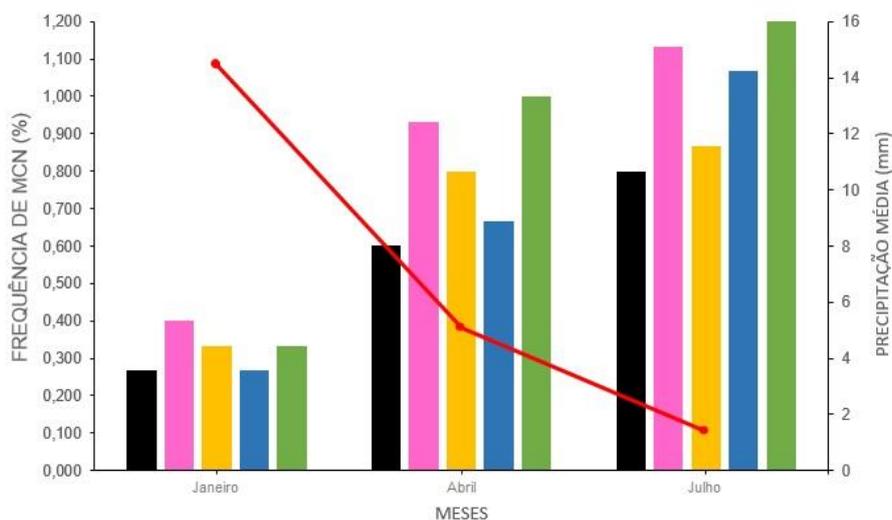


Gráfico 1. Precipitação média mensal para o município de Joinville nos meses amostrados e a relação com a frequência de MCN em cada mês.

No que diz respeito a temperatura, os maiores índices para o município de Joinville são observados nos primeiros meses do ano, onde as médias mensais apresentam-se acima de 25°C. As temperaturas mais baixas ocorrem entre os meses de junho a setembro, onde as médias mensais não ultrapassam os 20°C (SAMA, 2016). No Gráfico 2 é apresentado o gráfico com a temperatura média mensal para o município de

Joinville nos meses amostrados e a relação com a frequência de MCN em cada mês. O mês de Janeiro apresentou temperatura média mínima de 23,5 °C e máxima de 29,1 °C. Já Abril apresentou temperatura média mínima de 21,2 °C e máxima de 27,5 °C. Por fim, Julho apresentou temperatura média mínima de 15,8 °C e máxima de 21,2 °C.

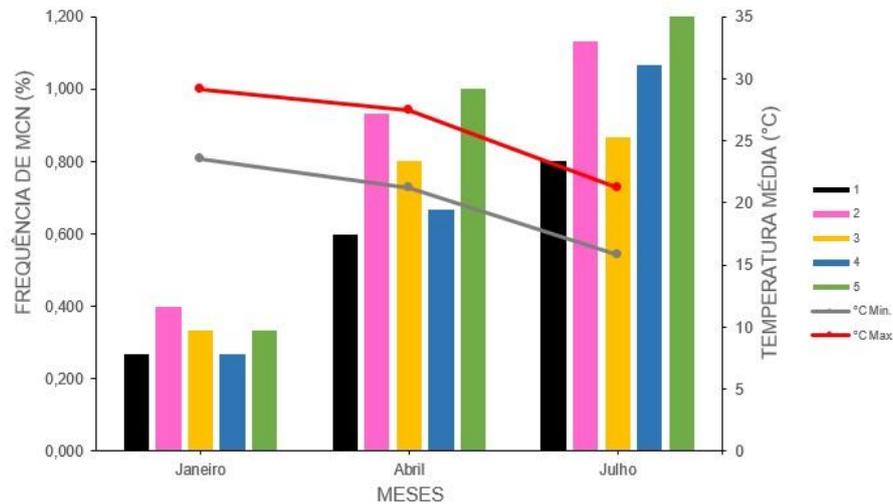


Gráfico 2. Temperatura (Máxima e Mínima) média mensal para o município de Joinville nos meses amostrados e a relação com a frequência de MCN em cada mês.

3.2 ANÁLISE CITOGENÉTICA

Os resultados obtidos a partir da análise da frequência de formação de micronúcleos em *T. pallida* nos diferentes tratamentos avaliados são apresentados na Tabela 1. Nessa tabela, são apresentados os resultados observados em cada lâmina, onde foram analisadas o total de 300 tétrades e variações.

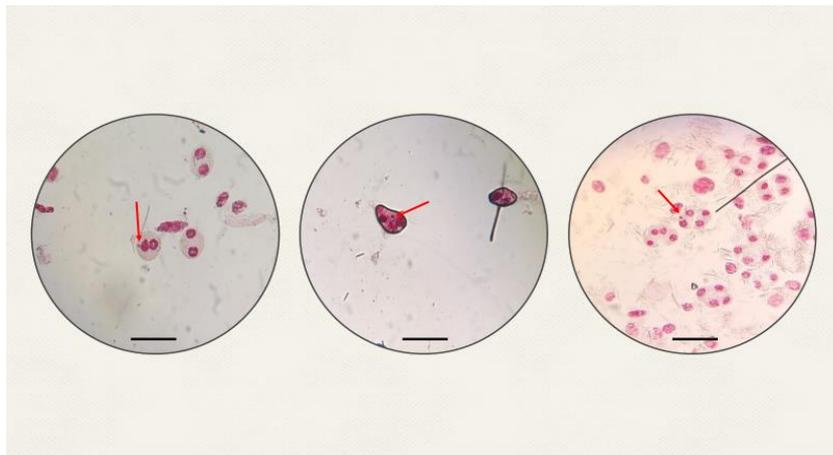


Figura 3: Presença de Micronúcleos encontrados em *T. Pallida*

Tabela 1. Número (N) e frequência (Freq.) de MNC observados em cada lâmina (Lam.) durante os meses de exposição no município de Joinville, Santa Catarina, Brasil.

Pontos Amostrais	Lam.	Janeiro		Abril		Julho	
		N	Freq. (%)	N	Freq. (%)	N	Freq. (%)
Ponto 1	1°	0	0,000	2	0,667	2	0,667
	2°	4	1,333	0	0,000	3	1,000
	3°	0	0,000	5	1,667	5	1,667
	4°	0	0,000	1	0,333	0	0,000
	5°	0	0,000	1	0,333	2	0,667
Ponto 2	1°	2	0,667	0	0,000	6	2,000
	2°	1	0,333	6	2,000	0	0,000
	3°	0	0,000	3	1,000	3	1,000
	4°	3	1,000	1	0,333	5	1,667
	5°	0	0,000	4	1,333	3	1,000
Ponto 3	1°	1	0,333	1	0,333	1	0,333
	2°	4	1,333	1	0,333	0	0,000
	3°	0	0,000	7	2,333	7	2,333
	4°	0	0,000	0	0,000	1	0,333
	5°	0	0,000	3	1,000	4	1,333
Ponto 4	1°	0	0,000	0	0,000	4	1,333
	2°	2	0,667	0	0,000	5	1,667
	3°	1	0,333	8	2,667	0	0,000
	4°	0	0,000	0	0,000	7	2,333
	5°	1	0,333	2	0,667	0	0,000
Ponto 5	1°	2	0,667	3	1,000	3	1,000
	2°	2	0,667	2	0,667	6	2,000
	3°	0	0,000	6	2,000	7	2,333
	4°	0	0,000	4	1,333	2	0,667
	5°	1	0,333	0	0,000	0	0,000

A análise estatística revelou que a frequência média de MCN, em todo período de monitoramento, foi maior nas plantas do ponto 5, com frequência de 0,84%, seguido pelo ponto 2 (0,82%), pontos 3 e 4 não apresentaram diferenças entre si na frequência de MCN (0,67%) e, por fim, ponto 1 (0,56%). Portanto, a dinâmica da poluição demonstrada pela frequência média de MCN nas diferentes localidades sugere o seguinte gradiente de poluição: Ponto 5 > Ponto 2 > Ponto 3 e 4 > Ponto 1.

Quando comparada a frequência de MCN considerando os meses de estudo, Julho apresentou a maior frequência média de MCN (1,01%), seguindo do mês de Abril

(0,80%) e Janeiro (0,32%). As frequências médias de micronúcleos nos pontos amostrais, ao longo dos três meses de coleta, são apresentadas no Gráfico 3.

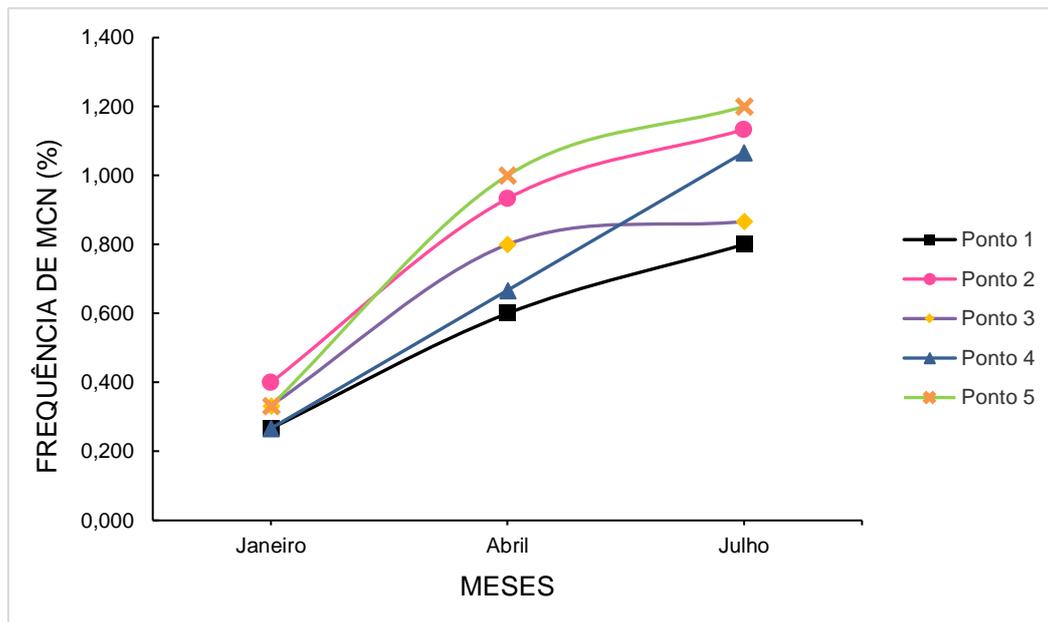


Gráfico 3. Frequência média de MCN a cada 100 tétrades nos cinco pontos amostrais, durante os meses de exposição no município de Joinville, Santa Catarina, Brasil.

A Tabela 2 apresenta os resultados da Análise de Variância. Verifica-se que houve diferença significativa entre os meses de estudo ($F_{(2)} = 6,26$; $p = 0,003$), mas não houve diferença entre os pontos amostrais quando comparados entre si ($F_{(4)} = 0,36$; $p = 0,831$). A interação entre pontos amostrais e meses analisados não foi significativa ($F_{(14)} = 0,92$; $p = 0,538$), indicando que o padrão encontrado para os pontos amostrais se manteve constante ao longo dos meses.

Tabela 2. Resultados da análise de variância em arranjo fatorial 5x3 (cinco pontos amostrais e três meses).

Causa da Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	P
Ponto	7,8666	4	1,9666	0,36	0,831
Mês	56,7466	2	28,3733	6,26	0,003
Ponto x Mês	67,8666	14	4,8476	0,92	0,538

A avaliação estatística das diferenças nas frequências médias de micronúcleos (MN/100 células), observadas nas plantas dos diferentes pontos amostrais, feita com o uso do Teste de Tukey, mostra que entre os pontos amostrais, não houve diferença

significativa, como observado na Tabela 3. O Gráfico 4 ilustra bem a interação entre os pontos amostrais e os meses de estudos.

Tabela 3. Frequência média de micronúcleos (MCN/100 tétrades) em Tradescantia pallida exposta nos cinco pontos amostrais na cidade de Joinville, Santa Catarina, Brasil.

Ponto Amostral	Frequência de MCN (média ± desvio padrão)
Ponto 1	1,66 ± 1,84
Ponto 2	2,46 ± 2,13
Ponto 3	2,00 ± 2,45
Ponto 4	2,00 ± 2,72
Ponto 5	2,53 ± 2,32

Tabela 4. Frequência média de micronúcleos (MCN/100 tétrades) em Tradescantia pallida no período de estudo na cidade de Joinville, Santa Catarina, Brasil.

Mês	Frequência de MCN (média ± desvio padrão)
Janeiro	0,96 ± 1,27
Abril	2,40 ± 2,43
Julho	3,04 ± 2,46

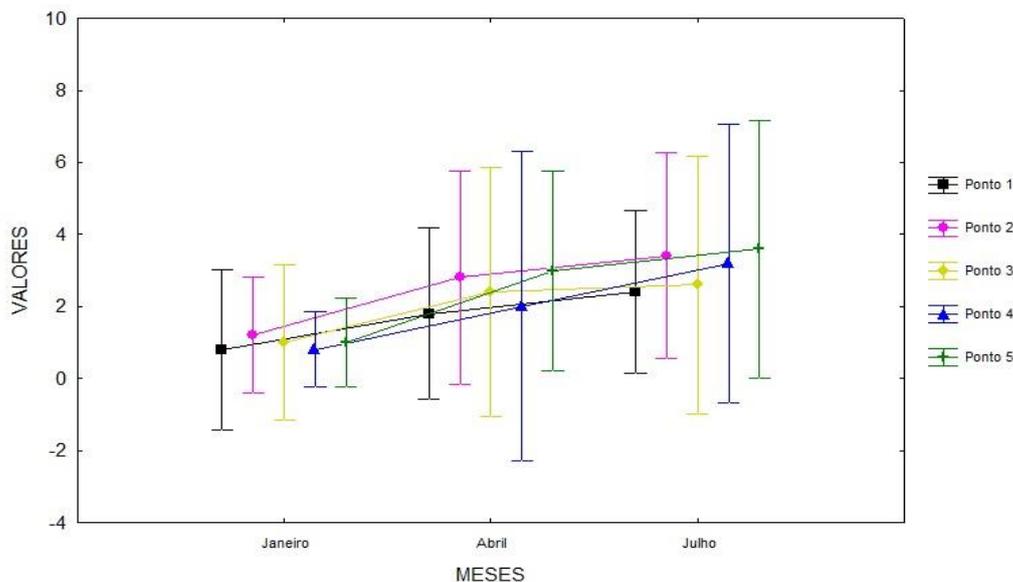


Gráfico 4. Médias e intervalo de confiança nos cinco pontos amostrais, durante os três meses de exposição no município de Joinville, Santa Catarina, Brasil.

4. DISCUSSÃO

A poluição atmosférica no Brasil é causada principalmente por queima de combustível fóssil derivado de fontes móveis, como frota de veículos automotores, ou por fontes fixas, como emissão por meio de produção industrial (CHAVES, 2017). Em

2005, Barcellos *et al* realizaram um estudo que analisou a poluição do ar atmosférico por fontes fixas nos municípios brasileiros. Os autores concluíram que na região Sul, o estado com maior proporção de municípios com ocorrência de poluição do ar por atividade industrial foi Santa Catarina.

Como não há uma rede de monitoramento de ar no município de Joinville, nenhum dado preliminar referente à sua qualidade foi encontrado. Apesar disso, estudos sobre a qualidade do ar atmosférico utilizando-se de biomonitoramento com vegetais já foram realizados no município. Melo Júnior et al. (2014) investigou atributos foliares de *Tibouchina granulosa* (Melastomataceae) em três áreas distintas, com o objetivo de verificar a ocorrência de alterações morfológicas e anatômicas decorrentes de poluição atmosférica. As principais alterações encontradas pelos autores foram relacionadas à área foliar, espessura dos tecidos fotossintéticos e espessura total do limbo foliar. Os resultados obtidos demonstraram que as variações estruturais observadas entre as plantas localizadas nas áreas poluídas que foram analisadas, decorreram de injúrias provocadas pela presença de gases poluentes na atmosfera. Nesse mesmo sentido, analisando os mesmos atributos, Cavallaro *et al.* (2018) avaliaram o efeito de material particulado sobre populações de *Inga edulis* (Fabaceae) em duas áreas amostrais na região urbana de Joinville, uma poluída e uma controle. Os autores observaram maior quantidade de material particulado depositado sobre as folhas nos indivíduos da área poluída e todos os atributos biológicos analisados diferiram entre as áreas poluída e controle. Em Santa Catarina, Alves (2017) avaliou a qualidade do ar no município de Criciúma utilizando o bioensaio Trad-MCN. Durante o período de estudo, a autora verificou que fatores climáticos como a não precipitação e os ventos contribuíram para aumento da frequência de micronúcleos entre os meses de exposição.

Segundo Costa e Droste (2012), Sposito et al. (2015 e 2017) a maior incidência de danos genéticos em plantas bioindicadoras está associada a áreas urbanas com grandes frotas de veículos e altas concentrações de poluentes atmosféricos. Apesar de Joinville apresentar essas características, o presente estudo não apresentou uma alta sensibilidade de *T. pallida* a agentes genotóxicos. Steffensen (1955) relata em seu estudo que essa espécie possui uma taxa espontânea de 0,84% de formação de micronúcleos e, em nenhum ponto amostral, quando calculada a frequência média de todos os meses, as taxas de MCN obtidas excederam esse valor. Ainda que, no geral, esse estudo apresente uma baixa frequência de MCN, o ensaio Trad-MCN identificou diferenças consideráveis nos diferentes pontos amostrais. Onde pontos amostrais onde há um intenso tráfego de

veículos (pontos amostrais 2 e 5) apresentaram uma maior frequência de MCN em relação aos pontos amostrais nas áreas expostas a poluição industrial (pontos amostrais 3 e 4).

Vários estudos já confirmaram a alta sensibilidade da *T. pallida* aos poluentes atmosféricos emitidos por veículos automotores. Um estudo realizado por Carreras *et al.* (2006), na cidade de Córdoba na Argentina, demonstrou suscetibilidade a uma maior frequência de MNC nas plantas mantidas em áreas sob a influência de emissões de tráfego veicular. Na Europa, Klumpp *et al.* (2006) também encontraram taxas aumentadas de NMC em inflorescências do clone 4430 de *Tradescantia* diretamente expostas a emissões pesadas de tráfego. Em São Paulo, vários estudos também confirmaram a alta sensibilidade das plantas de *Tradescantia* aos poluentes atmosféricos veiculares (BATALHA *et al.*, 1999; GUIMARÃES *et al.*, 2000 e 2004; FERREIRA *et al.*, 2003; DIAS, 2011; SAVÓIA *et al.*, 2009; TEIXEIRA & BARBÉRIO, 2012). A grande quantidade de veículos transitando pelas ruas de Joinville e a proximidade dos canteiros utilizados como pontos amostrais das vias públicas podem ter corroborado para a taxa de MCN encontrada em cada ponto amostral, tendo em vista que o ponto com menor frequência de MCN (ponto amostral 1) encontra-se a cerca de 140 metros de distância da rua principal. Já os dois pontos que apresentaram a maior frequência de MCN (pontos amostrais 2 e 5) encontram-se, respectivamente, a cinco e dez metros de distância da rua principal.

Fatores climáticos também podem influenciar na qualidade do ar em relação a concentração de gases poluentes. Umidade relativa do ar, vento, temperatura e precipitação são preditores significativos da formação de MCN (SAVÓIA *et al.*, 2009). Esses fatores podem dificultar a dispersão e levar ao aumento da concentração de alguns poluentes, como: monóxido de carbono, material particulado e dióxido de enxofre (DANTAS, 2015). A direção dos ventos é um fator importante para a dispersão dos poluentes, podendo diminuir a ocorrência de danos genéticos (ALVES *et al.*, 2003). O vento é um elemento climático que sofre muita interferência do relevo, ocasionando grandes variações de uma região para outra. Em Joinville, os morros do Boa Vista e do Iriú formam uma barreira natural entre o centro urbano, os bairros do norte e do oeste e os bairros do leste, sendo o principal fator determinante das diferenças climáticas e a circulação de vento entre estes segmentos da cidade (HACKENBERG & MATTOS, 1993). Fatores exclusivamente de origem antrópica também podem influenciar na ação dos poluentes atmosféricos em *T. pallida*, como a ventilação deficiente devido ao arranjo de ruas e prédios nas áreas urbanizadas e o congestionamento de veículos, que contribui

para a dificuldade de dissipar rapidamente os agentes poluidores (CARRERAS *et al.*, 2006). Isidori *et al.* (2003) e Klumpp *et al.* (2004) provaram que as variáveis meteorológicas, principalmente a temperatura e precipitação, podem interferir na magnitude das taxas de MCN em resposta a agentes genotóxicos. No mesmo tipo de estudo realizado por Isidori *et al.* (2003) relataram que a genotoxicidade depende da estação do ano. Os dados obtidos demonstraram que a frequência de MCN foi maior no inverno do que no verão. Esses resultados não são exclusivos desse estudo, diversos autores descrevem as estações mais frias como as que apresentam uma maior frequência de MCN em seus estudos (ALVES, 2017; CAMPOS JUNIOR & KERR, 2009; SAVÓIA *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2013).

Os estudos realizados com vegetais apresentam uma série de vantagens que os torna ideais para serem utilizados em países em desenvolvimento (CARVALHO, 2005). Embora os efeitos genotóxicos detectados pelos testes de *Tradescantia* não possam ser associados à mutagênese - ou mesmo à carcinogênese em seres humanos, esses bioensaios são ferramentas muito úteis para o rastreamento do potencial mutagênico no ambiente (MA *et al.*, 1994). O bioensaio com Trad-MCN tem sido amplamente utilizado para monitorar a genotoxicidade ambiental e é particularmente sensível a mutações químicas (CARRERAS, 2006). Portanto, apesar de o presente estudo não ter indicado um aumento na frequência de MCN por poluentes atmosféricos, o teste de micronúcleo *Tradescantia* demonstra ser uma ferramenta adequada para monitorar o potencial genotóxico da poluição atmosférica urbana.

5. CONCLUSÃO

Apesar de Joinville ser uma forte potência industrial do estado e uma região em constante desenvolvimento, os dados obtidos no presente estudo, revelaram que a poluição do ar atmosférico não se mostrou causadora de um aumento na frequência de MCN da planta em estudo. O município de Joinville carece de estudos sobre a qualidade do ar atmosférico. Dada a importância econômica da cidade e o número elevado de habitantes, mais estudos nessa mesma linha de pesquisa devem ser realizados para diagnosticar a qualidade do ar na cidade e para que seja possível propor medidas para minimizar os danos ao meio ambiente e os possíveis danos à saúde humana.

REFERÊNCIAS

Alves, C. D. Biomonitoramento da qualidade do ar com *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Runt no campus da Universidade do Extremo Sul Catarinense no Município de Criciúma, Santa Catarina, Brasil [Monografia]. Criciúma: Universidade do Extremo Sul Catarinense; 2017.

Alves, E. S., A. N. V. Pedroso, E. T. Guimarães, M. Domingos, P. H. N. Saldiva. Biomonitoramento indoor do potencial mutagênico do ar em laboratórios e herbário do Instituto de Botânica por meio do bioensaio Trad-MCN. *Hoehnea*. 2003; 30(2): 89-94.

Barbério, A., J. C. Voltolini & M. C. L. Ribeiro. Efeitos mutagênicos da poluição atmosférica em *Tradescantia pallida* no distrito de Moreira César, em Pindamonhangaba, SP. *Revista Biociências*. 2013; 19(1): 69-79.

Barcellos, F. C., R. A. Moreno, L. C. D. Silva, L. A. Silva. Poluição do ar por fontes fixas nos Municípios brasileiros. *Anais. Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*. Brasília, DF. 20 p. 2005.

Batalha, J. R. F., E. T. Guimarães, D. J. A. Lobo, A. F. J. F. C. Lichtenfels, T. Deur, H. A. Carvalho, E. S. Alves, M. Domingos, G. S. Rodrigues & P. H. N. Saldiva. Exploring the clastogenic effects of air pollutants in Sao Paulo (Brazil) using the *Tradescantia* micronuclei assay. *Mutation Research*. 1999; 426: 229-232.

Braga, A., L. A. A. Pereira & P. Saldiva. Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. *Anais. Sustentabilidade na Geração e uso de Energia*. Campinas, São Paulo. 2002.

Campos Junior, E.O & W. E. Kerr. Teste de micronúcleo com *Tradescantia pallida* aplicado ao Biomonitoramento da qualidade do ar da cidade de Uberlândia. *Horizonte Científico*. 2009; 3(2): 1-18.

Caon, K., G. M. Costa, M. B. B. Cassanego & A. Droste. *Tradescantia pallida* var. *purpurea* (Commelinaceae) e biomonitoramento da genotoxicidade do ar no município de Caxias do Sul, RS, Brasil. *Instituto Anchieta de Pesquisas*. 2016; 69: 279-291.

Carreras, H. A., M. L. Pignata & P. H. N. Saldiva. In situ monitoring of urban air in Córdoba, Argentina using the *Tradescantia*-micronucleus (Trad-MCN) bioassay. *Atmospheric Environment*. 2006; 40(40) 7824–7830. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.07.031>

Carvalho, H. de A. A *Tradescantia* como bioindicador vegetal na monitoração dos efeitos clastogênicos das radiações ionizantes. *Radiologia Brasileira*. 2005; 38(6): 459-462. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-39842005000600015>

Castro, L. F. & H. A. Sisenando. Monitoramento da qualidade do ar por meio do ensaio com *Tradescantia pallida* na cidade do Rio de Janeiro / Brasil. *Revinter*. 2017; 10(3): 101-115. doi: <http://dx.doi.org/10.22280/revintervol10ed3.313>

Cavallaro, R., J. C. F. de Melo Júnior, M. Bonatti-Chaves & G. D. R. Renner. Avaliação do efeito da poluição atmosférica em populações urbanas de *Inga edulis* Mart. (Fabaceae) por meio do método de biomonitoramento passivo. *Caderno de Publicações Univag*. 2018; 8: 85-108.

Chaves, T. F. Uma análise dos principais impactos ambientais verificados no estado de Santa Catarina. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*. 2017; 5(2): 611-634.

Costa, G. M. & A. Droste. 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*. 2012; 72(4): 801-806. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842012000500004>

Dantas, C. B. Aplicabilidade dos testes Trad-MCN e parâmetros anatômicos foliares de *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. HUNT var. *purpurea* associados ao tráfego veicular diferenciado em cidade de clima tropical de altitude [Monografia]. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados; 2015.

Dias, A. C. Avaliação da capacidade mutagênica da poluição do ar utilizando o Bioensaio Trad-MCN com Tradescantia pallida em parques urbanos da cidade de São Paulo [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2011.

Ellenberg, H. Bioindicators and biological monitoring. In: Ellenberg, H., U. Arndt, R. Bretthauer, B. Ruthsatz, L. Steubing. Biological monitoring, signals from the environment. Eschborn: VIEWEG; 1991. P. 13-127.

Evans, H. J., G. J. Neary & F. S. Williamson. The relative biological efficiency of single doses of fast neutrons and gamma-rays on Vicia faba roots and the effect of oxygen: Part II. Chromosome damage: the production of micronuclei. International Journal of Radiation Biology and Related Studies in Physics, Chemistry and Medicine. 1959; 1(3): 216-229.

Ferreira, M. I., G. S. Rodrigues, M. Domingos, P. H. N. Saldiva. In situ monitoring of mutagenicity of air pollutants in São Paulo city using Tradescantia-SHM bioassay. Brazilian Archives of Biology and Technology. 2003; 46(2): 253-258. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132003000200017>

Fundação IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Infográficos: frota municipal de veículos de Joinville. [Acesso em 29 de setembro de 2018]. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/2vt00>

Gorni, P. H., C. R. Guandalini, Z. V. Silveira & F. T. Nakayama. Efeito do lodo de curtume na frequência de micronúcleos no bioindicador Tradescantia pallida (Rose) D.R. Hunt var. purpurea. Brazilian Journal of Biosystems Engineering. 2014; 8(4): 361-373. doi: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2014v8n4p361-373>

Grant, W. The present status of higher plant bioassays for detection of environmental mutagens. Mutation Research. 1994; 310: 175-85. doi: [https://doi.org/10.1016/0027-5107\(94\)90112-0](https://doi.org/10.1016/0027-5107(94)90112-0)

Guimarães, E. T., M. Domingos, E. S. Alves, N. Caldini Junior, D. J. A. Lobo, A. J. F. C. Lichtenfels, P. H. N. Saldiva. 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*. 2000; 44(1): 1-8. doi [10.1016/S0098-8472\(00\)00050-2](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(00)00050-2)

Guimarães, E. T., M. Macchione, D. J. A. Lobo, M. Domingos, P. H. N. Saldiva. Evaluation of the mutagenic potential of urban air pollution in São Paulo, Southeastern Brazil, using Tradescantia stamen-hair assay. *Environmental Toxicology*. 2004; 19(6): 578–584. doi: <https://doi.org/10.1002/tox.20065>

Hackenberg, A. M. & A. Mattos, Arthur. Diferenças climáticas na cidade de Joinville. *Anais. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*. Florianópolis, SC. p. 217-225. 1993.

Isidori, M., M. Ferrara, M. Lavorgna, A. Nardelli & A. Parrella. In situ monitoring of urban air in Southern Italy with the Tradescantia micronucleus bioassays and semipermeable membrane devices (SPMDs). *Chemosphere*. 2003; 52: 121-126. doi: [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00183-8](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00183-8)

KLUMPP, A., W. ANSEL, A. FOMIN, S. SCHNIRRING & C. PICKL. Influence of climatic conditions on the mutations in pollen mother cells of Tradescantia clone 4430 and implications for the Trad-MCN bioassay protocol. *Hereditas*. 2004; 141: 142-148. doi <http://dx.doi.org/10.1111/j.1601-5223.2004.01806.x>

Klumpp, A., W. Ansel, G. Klumpp, V. Calatayud, J. P. Garrec, S. He, J. Peñuelas, À. Ribas, H. Ro-Poulsen, S. Rasmussen, M. J. Sanz & P. Vergne. Tradescantia micronucleus test indicates genotoxic potential of traffic emissions in European cities. *Environmental Pollution*. 2006 139(3): 515-522. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.05.021>

Lira, O. F. C., N. N. de Almeida, W. L. Peres & W. S. dos Santos. Projeto Piloto de Biomonitoramento com Tradescantia pallida em municípios com Alto Risco Ambiental. Secretaria de Estado de Saúde de Mato Grosso. Superintendência de Vigilância em Saúde. Coordenadoria de Vigilância em Saúde Ambiental. Cuiabá; 2008.

Ma, T. H. Tradescantia micronucleus bioassay and pollen tube chromatid aberration test for in situ monitoring and mutagen screening. *Environmental Health Perspectives*. 1981; 37(1): 85-90.

Ma, T. H., G. L. Cabrera, R. Chen, B. S. Gill, S. S. Sandhu, A. L. Vandenberg & M. F. Salamone. Tradescantia micronucleus bioassay. *Mutation Research*. 1994; 310: 221-230.

Melo Júnior, J. C. F., C. M. Raimundo & M. W. Amorim. Efeito da poluição atmosférica em folhas de *Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn. (Melastomataceae). *Acta Biológica Catarinense*. 2014; 1(1): 65-72. doi: <http://dx.doi.org/10.21726/abc.v1i1.85>

Ogliari, P. J. & J. A. Pacheco. Análise estatística usando o Statistica 6.0. Apostila do Departamento de Informática e Estatística da Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

Pereira, B. B., E. O. de Campos Júnior & S. Morelli. In situ biomonitoring of the genotoxic effects of vehicular pollution in Uberlandia, Brazil, using a Tradescantia micronucleus assay. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2013; 87: 17–22. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.10.003>

Savóia, E. J. L., M. Domingos, E. T. Guimarães, F. Brumati, P. H. N. Saldiva. Biomonitoring genotoxic risks under the urban weather conditions and polluted atmosphere in Santo André, SP, Brazil, through Trad-MCN bioassay. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2009; 72(1): 255-260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.03.019>

Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente - SAMA. Área urbana consolidada de Joinville: Diagnóstico socioambiental. Joinville; 2016.

Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável - SEPUD. Cidade em Dados: Promoção Econômica. Joinville; 2018.

Silva, J. S. Efeitos genotóxicos em tétrades de *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea* induzidos por poluentes atmosféricos na cidade do Salvador-BA [Monografia]. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira De Santana; 2005.

Sposito, J. C. V., B. A. Crispim, R. M. Mussury & A. B. Grisolia. Genetic instability in plants associated with vehicular traffic and climatic variables. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2015; 120: 445-448. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.06.031>

Sposito, J. C. V., B. do A. Crispim, A. I. Román, R. M. Mussury, J. G. Pereira, L. O. Seno & A. B. Grisolia. Evaluation the urban atmospheric conditions in different cities using comet and micronuclei assay in *Tradescantia pallida*. *Chemosphere*. 2017; 175: 108-113. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.01.136>

Steffensen, D. Breakage of chromosomes in *Tradescantia* with a calcium deficiency. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1955; 41: 155-160.

Teixeira, M. C. V. & A. Barbério. Biomonitoramento do ar com *Tradescantia pallida* (Rose) D. R. Hunt var. *purpurea* Boom (Commelinaceae). *Revista Ambiente & Água*. 2012; 7(3): 279-292. doi: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.982>