



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA GERAL/BIOPROSPECÇÃO

Shirley Almeida Mendonça Salgueiro

**Biomonitoramento da qualidade do ar na microrregião de Bodoquena em Mato
Grosso do Sul: alterações mutagênicas e morfoanatômicos em *Tradescantia
pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea***

Dourados – MS

Outubro 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA GERAL/BIOPROSPECÇÃO

Shirley Almeida Mendonça Salgueiro

Biomonitoramento da qualidade do ar na microrregião de Bodoquena em Mato Grosso do Sul: alterações mutagênicas e morfoanatômicos em *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea*

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Geral/Bioprospecção, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dr^a. Rosilda Mara Mussury

Dourados-MS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S164b	<p>Salgueiro, Shirley Almeida Mendonça.</p> <p>Biomonitoramento da qualidade do ar na microrregião de bodoquena em mato grosso do sul: alterações mutagênicas e morfoanatômicas em tradescantia pallida (rose) d.r. hunt var. purpurea. / Shirley Almeida Mendonça Salgueiro. – Dourados, MS : UFGD, 2021.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Rosilda Mara Mussury Franco Silva.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Biologia Geral) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Bioindicador. 2. Micronúcleos. 3. Veículos automotivos. 4. Poluição do ar. I. Título.</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

“BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NA MICRORREGIÃO DE BODOQUENA EM MATO GROSSO DO SUL: ALTERAÇÕES MUTAGÊNICAS E MORFOANATÔMICAS EM *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea*”

POR

SHIRLEY ALMEIDA MENDONÇA SALGUEIRO

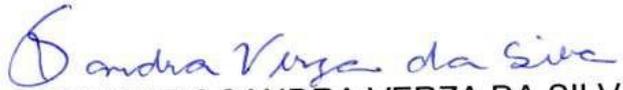
DISSERTAÇÃO APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS (UFGD), COMO PARTE DOS REQUISITOS EXIGIDOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM BIOLOGIA GERAL - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: “BIOPROSPECÇÃO”.



PROF.^a DR.^a ROSILDA MARA MUSSURY FRANCO SILVA
ORIENTADORA – UFGD



PROF.^a DR.^a JULIANA CARRIJO MAUAD
MEMBRO TITULAR – UFGD



PROF.^a DR.^a SANDRA VERZA DA SILVA
MEMBRO TITULAR – UFGD

Aprovada em 15 de outubro de 2019.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta Universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro, um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

À Dr^a.Rosilda Mara Mussury Franco Silva, minha orientadora, pelas preciosas contribuições, sugestões, incentivo e suporte no pouco tempo que lhe coube.

A Fundect, pelo apoio financeiro na forma de bolsa de mestrado permitindo que eu conseguisse realizar a pesquisa.

A minha avó, Vicentina, e a minha mãe, Sônia, por todo amor, carinho, incentivo e apoio incondicional.

A minha amiga Nathália pelo companheirismo e hospedagem em sua residência aos finais de semana para conclusão das análises anatômicas.

Aos meus amigos, que foram muitos, e todos do seu jeito, nunca esquecerei.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar a qualidade do ar com base no fluxo veicular das cidades localizadas em diferentes altitudes na microrregião da Bodoquena, no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Para tal, foi realizado o teste de micronúcleo, por meio do bioensaio TRAD-MCN em botões jovens de *Tradescantia* coletadas no período entre fevereiro a novembro de 2018 em sete cidades da microrregião da Bodoquena, com diferentes intensidades de fluxo veicular. Foram avaliados os parâmetros meteorológicos e os veículos foram contados para determinar o tráfego de veículos em cada cidade. A partir do bioensaio realizado, relacionando as variáveis ambientais e altitude e utilizando a missão topográfica Shuttle Radar (SRTM) e processados no software Esri ArcGIS® versão 10.5.1 foi possível mapear a área com base no Modelo de Elevação. As análises morfoanatômicas foram realizadas conforme metodologia padrão. As mensurações de espessura, comprimento, largura e dos tecidos e estruturas como a cutícula superior, cutícula inferior, face superior e face inferior da epiderme, hipoderme e mesófilo foram avaliadas. O maior fluxo veicular foi encontrado nas cidades de Bodoquena, Guia Lopes da Laguna, Jardim e Porto Murtinho. O horário das 17:00 as 18:00h foi o que apresentou maiores fluxos de veículos. No entanto, a maior frequência de alterações mutagênicas foi encontrada na cidade de Guia Lopes, não diferindo de Bonito, Caracol e Jardim. Ao longo do biomonitoramento observou-se que as estações de verão e outono foram as que apresentaram maiores frequências de micronúcleo independente da cidade avaliada. Observou-se correlação entre a frequência de micronúcleos e os fluxos veiculares foi baixa apoiando a tese de que essa microrregião embora observa-se alterações mutagênicas em

T. pallida as alterações numericamente são pequenas quando comparadas a outras regiões do estado de Mato Grosso do Sul. Observou-se uma variação na espessura dos tecidos/estruturas que é variável entre as diferentes cidades e estações do ano. De forma geral os tecidos/estruturas apresentaram-se reduzidos para as cidades de Nioaque e Porto Murtinho quanto aos aspectos anatômicos e morfológicos sendo que para o comprimento e espessura foliar não foi observado diferenças entre as cidades. Em relação as estações do ano, observou-se que no outono a espessura dos tecidos/estruturas são menores.

Palavras-Chave: Bioindicador; Micronúcleo; Veículos automotores; Poluição atmosférica.

ABSTRACT

The objective of this work was to estimate air quality based on the vehicular flow of cities located at different altitudes in the Bodoquena microregion, in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. To this end, the micronucleus test was performed by means of the TRAD-MCN bioassay on young Buds of *Tradescantia* collected in the period between November 2018 in seven cities in the Bodoquena microregion, with different vehicle flow intensities. Meteorological parameters were evaluated and vehicles were counted to determine vehicle traffic in each city. The from the bioassay performed, relating environmental variables and altitude and using the Shuttle Radar topographic mission (SRTM) and processed in the Esri ArcGIS® software version 10.5.1 was able to map the area based on the Elevation Model. The analyses morphoanatomical were performed according to standard methodology. The measurements of thickness, length, width and fabrics and structures such as the upper cuticle, lower cuticle, upper face and lower face of the epidermis, hypodermis and mesophilic were Evaluated. The largest vehicular flow was found in the cities of Bodoquena, Guia Lopes Laguna, Jardim and Porto Murinho. The time from 17:00 to 18:00 was the one that presented higher flow of vehicles. However, the highest frequency of mutagenic changes was found in the city of Guia Lopes, not differing from Bonito, Caracol and Jardim. Along biomonitoring was observed that the summer and autumn seasons were the ones that presented higher frequencies of micronucleus independent of the city evaluated. A correlation was observed between the frequency of micronuclei and the vehicular flow was low supporting the thesis that this micro-region although mutagenic changes are observed in *T. pallida* changes numerically are small when compared to other regions state of Mato Grosso do Sul. There was a variation in the thickness of the tissues/structures that varies between the different cities and seasons. In a way that tissues/structure were reduced for the cities of Nioaque and Porto Murinho as to the anatomical and morphological aspects being that for the length and leaf thickness was not observed differences between the cities. In relation to the seasons of the year, it was observed that in autumn the thickness of the tissues/structures are smaller.

Keywords: Bioindicator; Micronucleus; Motor vehicles; Pollution Atmospheric.

SUMÁRIO

	Páginas
Resumo	6
1. Introdução	7
1.1 Objetivo	
1.1.1 Objetivo geral	8
1.1.2 Objetivo específicos	8
1.2 Revisão bibliográfica	
1.2.1 Efeitos da poluição sobre organismos vivos	9
1.2.2 Biomonitoramento	10
1.2.3 Bioindicador vegetal - <i>Tradescantia pallida</i>	11
1.2.4 Genotoxicidade causada pelos poluentes atmosféricos	12
1.2.5. Estudos morfoanatômicos foliares para avaliação da qualidade do ar	12
2. Metodologia	
2.1 Locais de estudo	14
2.2. TRAD-MCN	14
2.3 Avaliação morfoanatômica	15
2.4 Avaliação do fluxo veicular e condições ambientais	16
3. Resultados	19
4. Discussão	22
5. Conclusão	25
6. Referências Bibliográficas	25

1. INTRODUÇÃO

O ar nas áreas urbanas contém uma série de partículas potencialmente cancerígenas tais como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), benzeno e arsênico. Estas substâncias são o resultado da decomposição incompleta de combustíveis fósseis, produzidos pelo tráfego e pela atividade industrial (Mišik et al. 2006). A poluição aérea é consequência da crescente urbanização, desenvolvimento do setor agropecuário e densidade de tráfego de veículos automotivos sem o devido controle, produzindo agentes genotóxicos que quando liberados na atmosfera, combinam com outros compostos presentes no ar prejudicando a qualidade de vida da população (Vargas 2003; Claxton e Woodall 2007; Ianisticki et al. 2009; Pereira et al. 2010; Brito et al. 2013).

Globalmente, desde 2015, a agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) definiram os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) a serem concretizados com a participação de diversos países, dentre eles o Brasil tem um papel importante a desempenhar através de ações inovadoras, especialmente em termos de políticas públicas que contribuam para a integração das dimensões econômica, social e ambiental do desenvolvimento sustentável.

A *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt. Vc. Purpurea é uma planta que apresentada bons resultados no monitoramento da poluição atmosférica (Carvalho-Oliveira et al. 2005; Carreras et al. 2009) e vem sendo adotada na região Centro Oeste para este fim (Crispim et al. 2012; 2014; Spósito et al. 2015; 2017; Rocha et al. 2018).

Nesta região, o desenvolvimento econômico está fortemente associado as atividades do setor agropecuário, destacando o estado Mato Grosso do Sul que é dividido em quatro mesorregiões (Pantanal, Centro norte, Leste e Sudoeste) (Fig. 1) e onze microrregiões (Alto Taquari, Aquidauana, Baixo Pantanal, Bodoquena, Campo Grande, Cassilândia, Dourados, Iguatemi, Nova Andradina, Paranaíba e Três Lagoas) (Fig. 2).

O Mato Grosso do Sul ocupa uma posição estratégica, pois faz divisa com cinco estados, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Paraná e dois países, Bolívia e Paraguai. Mato Grosso do Sul possui como principal atividade econômica a agricultura (soja, milho, algodão, arroz, cana de açúcar) e a pecuária, além da mineração e indústria alimentícia. Por meio de suas rodovias os produtos são carregados a outros estados e países garantindo a comercialização. Em decorrência do escoamento de produtos agrícolas do Mato Grosso do Sul para outros estados, o tráfego de veículos pesados aumentou e consequentemente após trabalhos de biomonitoramento do ar realizados por Rocha et al. (2018) nas mesorregiões sudoeste do MS por Crispim et al. (2012; 2014) na microrregião de Dourados e Spósito et al. (2015) pelo ensaio utilizando *T. pallida* (TRAD-MCN) e análise cometa por (Spósito et al. 2017) foram encontradas alterações da qualidade do ar nos referidos locais.



Fig 1. Mesorregiões de Mato Grosso do Sul. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2015).

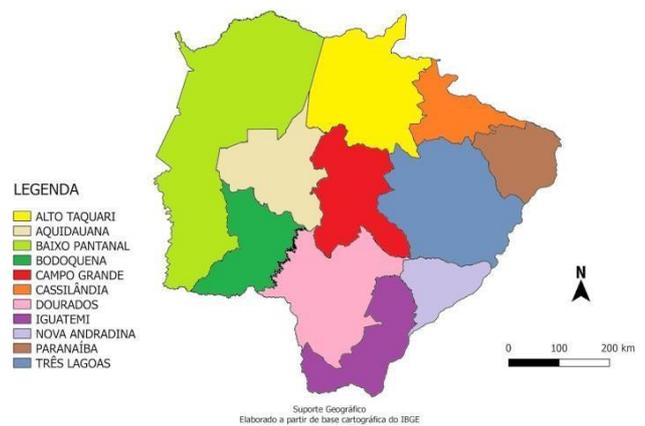


Fig 2. Microrregiões do Matogrosso do Sul. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografi a e Estatística (IBGE 2015).

Embora, algumas regiões tenham sido estudadas, a qualidade do ar na microrregião da Bodoquena, MS não foi analisada por Rocha et al. (2018), quando estudaram a mesorregião sudoeste do MS. Esta região trata-se de região ecoturística e histórica, atraindo muitos turistas e pesquisadores, já que ocupa uma posição demasiadamente estratégica no Brasil e na América Latina.

Dessa forma, a condução dessa pesquisa busca mostrar a qualidade do ar na região, para que sejam direcionadas a melhorias no bem estar e saúde da população (ODS 3), assim como na elaboração de políticas públicas apropriadas, que melhorem a qualidade de vida do cidadão, estando atrelada aos objetivos de desenvolvimento sustentáveis (ODS) da ONU, que é tornar as cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11), até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar e gestão de resíduos municipais.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a qualidade do ar na microrregião da Bodoquena, estado de Mato Grosso do Sul com base na intensidade do fluxo veicular ao longo das quatro estações do ano.

1.1.2 Objetivos Específicos

Determinar a qualidade do ar na microrregião da Bodoquena, estado de Mato Grosso do Sul, com base nas características genotóxicas e morfoanatômicos de *T. pallida*.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

1.2.1 Efeitos da poluição sobre organismos vivos

A queima de combustível que ocorre em motores de automóveis gera contaminações no ar nas grandes cidades. Entre esses contaminantes, cita-se os metais pesados, compostos orgânicos, partículas e de óxidos de enxofre têm graves efeitos sobre o ambiente (Isidori et al. 2003; Umbuzeiro et al. 2008) e principalmente sobre a saúde dos seres vivos (Mariani et al. 2008).

O aumento das doenças respiratórias, câncer de pulmão e disfunções cardiovasculares ocorrem em decorrência da contaminação do ar atmosférico (Batalha et al. 1999; Brauer et al. 2002; Brunekreef e Holgate 2002; Perera et al. 2002), evidenciada pelos estudos epidemiológicos. Segundo Pruss-Ustun e Corvalan (2006), cerca de 6% da morbidade mundial por câncer de pulmão, tem sido atribuído aos grandes índices de poluentes na atmosfera.

Verifica-se também que em algumas cidades brasileiras, há uma significativa relação entre os níveis de poluição e o aumento de morbidade e mortalidade por problemas respiratórios, mesmo quando os níveis de poluentes estão de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos pelos órgãos de controle (Saldiva et al. 1994; 1995; Ribeiro e Cardoso 2003; Daumas et al. 2004).

Segundo o Registro de autorizações de Internação Hospitalar (AIH), o número de internações por infecção respiratória aguda de crianças de zero a quatro anos na rede pública é de 17.734 por mil habitantes dessa faixa etária (Datasus 2016). Além disso, tais registros demonstram que os poluentes ambientais podem aumentar em cerca de 20% o atendimento emergencial dos casos de pneumonia, asma, bronquite, que podem resultar em desfechos fatais, particularmente em grupos mais vulneráveis, como crianças, idosos e pacientes com múltiplas comorbidades clínicas. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (2012), os centros urbanos poluídos são os que mais registram casos de doenças respiratórias e de câncer de pulmão (5% dos casos). Além disso, tais dados revelam que mundialmente, entre dois e quatro milhões de pessoas morrem por ano, com doenças decorrentes da poluição do ar.

O ar poluído contém substâncias prejudiciais ao sistema pulmonar como o ozônio de NOx que podem induzir efeitos genéticos (Victorin 1994; 1996), as quais podem causar distúrbios inflamatórios crônicos, além de alterar o sistema imunológico que são características chave da doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), servindo, particularmente em seu componente enfisematoso, como um fator de risco para câncer de pulmão (Turner et al. 2007).

Coortes prospectivos, publicados no *Journal of American Medical Association* (JAMA), trazem informações mundialmente relevantes sobre o acompanhamento da exposição a partículas finas presentes no ar poluído. Com base nos fatores de confusão: dieta, exposição ao tabaco e estilo de vida na etiologia de doenças cardiopulmonares, foi evidenciado que a cada elevação de 10 picogramas/m³ na

concentração de partículas finas de poluição oriundas da queima de combustíveis, houve um aumento de 4%, 6% e 8% no risco de morte por qualquer causa, seja cardiopulmonar e por câncer de pulmão, respectivamente (Pope et al. 2002).

Há ainda o aumento do número de admissões hospitalares por doenças cardiovasculares, pneumonia e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), relacionado ao aumento dos poluentes gerados pela queima de combustíveis fósseis (Braga et al. 1999; Zanobetti e Schwartz 2009).

Os poluentes atmosféricos, contudo, não afetam apenas humanos, uma vez que estudos mostram que extratos de ar coletados, em ambientes urbanos, induzem danos genéticos em animais, plantas e bactérias (Ma et al. 1994; Batalha et al. 1999; Gomes et al. 2002; Guimarães et al. 2004; Monarca et al. 1999; Isidori et al. 2003). Podendo esses seres vivos serem utilizados como bioindicadores da poluição dos ambientes onde estão inseridos.

1.2.2 Biomonitoramento

A utilização de organismos para indicar condições ambientais tem sido frequente ao longo da história, com destaque no período da Revolução Industrial (Século XIX) em que ocorreram mudanças ambientais rápidas. Exemplos ocorridos neste período, foi a utilização de canários dentro de minas de carvão e a observação de presença/ausência de líquens para monitorar a qualidade do ar, altas concentrações de monóxido de carbono causam injúrias em ambas espécies, um alerta as pessoas para evitar possíveis danos à saúde (Cairns Jr. e Pratt 1993).

A poluição atmosférica é um dos principais fatores de degradação ambiental gerado pelo desenvolvimento econômico (Savóia et al. 2008). No Brasil, o Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), estabeleceu padrões nacionais da qualidade do ar por meio da Resolução do Conama nº 03/90 (CONAMA 2002), onde define que os padrões da qualidade do ar podem ser primários, ou seja, níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes, ou secundários, que é aquele nível desejável para o bem estar populacional e ambiental em geral.

No estado de São Paulo, a CETESB, em seus trabalhos de controle de poluentes, desenvolveu dois programas visando o controle da emissão de poluentes, sendo eles o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores-Proconve e o Programa de Controle de Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares- Promot, que culminaram nas resoluções do Conama de nº18 e nº297 dos anos de 1987 e 2002 respectivamente (CONAMA 2002). Mas apesar do estado de São Paulo se destacar no Brasil com vários programas de controle de poluentes, isso infelizmente não se dissipa por todo país. No Brasil os padrões de qualidade do ar são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018, que revogou e substituiu a

Resolução CONAMA nº 3/1990. (<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/padroes-de-qualidade-do-ar.html>).

Alguns estudos nacionais (Guimarães et al. 2004; Andrade Jr. et al. 2008; Batalha et al. 1999; Crispim et al., 2012; 2014; Spósito et al. 2015; Rocha et al. 2018) e internacionais (Monarca et al. 1999; Isidori et al. 2003; relatam que os veículos automotores, ou seja, as fontes móveis de poluição liberam iguais ou mais partículas suspensas que as fontes estacionárias (Phillip e Malheiros 2005). Assim, o biomonitoramento do ar avalia tanto qualitativa quanto quantitativamente os efeitos da grande concentração de poluentes sobre determinadas espécies animais e vegetais, dessa forma há delimitação dos riscos impostos aos sistemas biológicos (Savóia et al. 2008) deve ser utilizado.

As plantas são muito úteis para o biomonitoramento da qualidade do ar já que são geralmente de fácil manuseio, cultivo e cuidados, a custos reduzidos e demonstram respostas indicadoras conservativas e de fácil avaliação (Savóia et al. 2008).

A classificação de plantas bioindicadoras são feitas em apenas dois tipos: passivos e ativos. Os bioindicadores passivos são plantas que já estão presentes no local de estudo. A sua utilização está frequentemente relacionada a toda área que está sendo pesquisada e a vantagem de que as espécies nativas não necessitam de manutenção específica. Já as plantas bioindicadoras ativas são introduzidas no local de estudo (Falla et al. 2000).

Dentre as espécies utilizadas como bioindicadoras destaca-se a *T. pallida*, que em vários estudos já demonstrou sua eficácia para avaliar o potencial genotóxico dos poluentes aéreos (Ma et al. 1994; Rodrigues et al. 1997).

A vantagem de se empregar tal cultivar ornamental, para biomonitoramento, reside no fato desta ter, apesar da origem exótica, perfeita adaptação aos fatores ambientais em todo país, desenvolvendo-se e produzindo flores o ano todo nos campos, canteiros, vasos e quintais.

1.2.3 Bioindicador vegetal - *Tradescantia pallida*

A *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt. cv. Purpurea pertence a Commelinacea, é uma planta herbácea, de pequeno porte com folhas lanceoladas e suculentas. É nativa da América do Norte Central (México e Honduras), conhecida popularmente como Trapoerabão, Trapoeraba roxa ou Coração Roxo (Lorenzi e Souza 2001). A *T. pallida* apresenta na epiderme das folhas grande quantidade de pigmentos antocianina, o que lhe confere a coloração roxa, que se manifesta mais facilmente na presença de intensidade luminosa. Sua inflorescência é protegida por duas grandes brácteas em forma de canoa (Joly 1976).

Os clones de *Tradescantia* são especialmente desenvolvidos como bioindicador no teste de quantificação de micronúcleos (Trad-MCN) (Guimarães et al. 2004). Nos locais que não oferecem condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento dos clones a utilização de *T.*

pallida é importante. Além disso, o uso de plantas reduz o orçamento do estudo e minimiza o problema do ataque de pragas, uma vez que já estão biologicamente adaptadas (Rodrigues et al. 1996).

Muitos trabalhos têm indicado a viabilidade do uso de *T. pallida* como bioindicadora da poluição atmosférica (Batalha et al. 1999; Guimarães et al. 2004; Suyama et al. 2002; Crispim et al. 2012; Spósito et al. 2015; Rocha et al. 2018).

1.2.4 Genotoxicidade causada pelos poluentes atmosféricos.

Os poluentes gasosos e o material particulado inalável gerados a partir da queima de combustíveis fósseis apresentam efeitos diretos sobre o sistema respiratório, em especial de crianças e idosos. Esses efeitos têm sido medidos através de aumentos nos atendimentos de pronto-socorro (Braga et al. 2001), internações hospitalares (Lin et al. 1999) e mortalidade (Martins et al. 2002).

As flores, pétalas, pêlos estaminais, raiz, micrósporos, tubo polínico e material genético podem ser utilizadas para compor um bioensaio tendo como finalidade detectar e monitorar áreas de poluição ambiental (Grant 1998).

O principal teste, dentre dos principais, para a identificação da poluição atmosférica é o Trad-MCN que é considerado um dos mais sensíveis e eficientes para a detecção de agentes genotóxicos no ar (Ma 1981; Rodrigues et al. 1996; Saldiva et al. 2002; Andrade Jr et al. 2008). Esse teste se baseia na formação de micronúcleos em células mãe dos grãos de pólen presentes nos botões florais de inflorescências jovens de *Tradescantia* expostas à poluição ambiental (Ma 1981; Rodrigues et al. 1996; Klumpp et al. 2004; 2006). Os micronúcleos são 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 (Heddle 1973). 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 – os micronúcleos (Evans 1997). Os mecanismos de reparo celular são eficientes, a sua formação se deve a alterações cromossômicas, muitas vezes ligadas a fatores ambientais (Majer et al. 2001). Neste sentido, a ocorrência tanto de danos estruturais, quanto de aneuploidia, permitem detectar a ação de agentes clastogênicos e aneugênicos (Marcilio e Gouveia 2007; Andrade Jr. et al. 2008; Carneiro et al. 2011).

1.2.5 Estudos morfoanatomicos foliares para avaliação da qualidade do ar

De modo geral, as plantas são mais compassivas à poluição do que os animais, abrangendo o ser humano e, assim sendo, pesquisas a respeito dos efeitos dos poluentes nas

plantas abastecem elementos respeitáveis para os programas de controle da poluição do ar (Alves et al. 2001).

Várias espécies vegetais têm sido utilizadas como bioindicadoras em programas de biomonitoramento da qualidade do ar com base em parâmetros anatômicos da folha, visando sua utilização em programas de biomonitoramento da qualidade do ar (Alves et al. 2001). Dessa forma, o biomonitoramento, onde reações da vida são usadas para identificar e/ou caracterizar mudanças antropogeneticamente induzidas na qualidade do ar, é mais eficaz para esse fim (Flores 1987; Arndt e Schweiger 1991).

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). Além dessas respostas, podem ser detectados, também, efeitos clastogênicos da poluição. A *Tradescantia* (*T. subcaulis* Bush x *T. hirsutiflora* Bush), por exemplo, tem sido muito utilizada para avaliar o efeito genotóxico de poluentes, pesticidas e herbicidas (Ma 1983; Rodrigues et al. 1997; Crispim et al. 2012; Spósito et al. 2015; Rocha et al. 2018), através de bioensaios em que se observam mutações em pêlos estaminais (bioensaio Trad-SH) e em células-mãe dos grãos de pólen na fase de tétrades (bioensaio Trad-MCN) (Ma 1981; Rodrigues et al. 1996; 1997). A grande vantagem da utilização de *Tradescantia* de espécies bioindicadoras é a uniformidade genética obtida, que proporciona reduções na variabilidade das respostas e interpretação mais segura dos resultados (Alves et al. 2001).

Diferentes espécies de plantas podem indicar a qualidade ambiental e, portanto, as alterações das características foliares, que é a parte da planta que mostra maior plasticidade em resposta a variações ambientais, e assim, podem ser utilizadas para fornecer uma avaliação precisa da qualidade do ambiente (Falla et al. 2000; Alves et al. 2001). O tamanho da folha, a espessura e a densidade dos estômatos são as principais características morfológicas e anatômicas que mostram as diferenças entre as plantas que crescem em ambientes com diferentes condições atmosféricas (Eleftheriou 1987; Alves et al. 2001; Crispim et al. 2014). Variações na espessura dos tecidos que constituem o mesofilo são respostas observadas por diferentes autores como Bussotti et al. (1995); Evans e Miller (1995); Alves et al. (2001) e Gerosa et al. (2003).

Na região Centro Oeste do Brasil um recente estudo realizado por Spósito et al. (2017) e Rocha et al. (2018) verificaram alterações mutagênica e genotóxicas em *Tradescantia pallida* proveniente da poluição aérea. Como as folhas ocorrem durante todo do ciclo biológico, tornam-se um marcador fenotípico interessante às mudanças da qualidade do ar do ambiente urbano, além disso, a amostragem e a análise dos parâmetros anatômicos é relativamente fácil e de baixo

custo.

2. METODOLOGIA

2.1 Locais de estudo

O estudo foi realizado nos municípios de Bodoquena (altitude de 132 m), Bonito (315 m), Caracol (212 m), Guia Lopes da Laguna (272 m), Jardim (259 m), Nioaque (200 m) e Porto Murtinho (90 m) (Fig. 3). As áreas de estudo foram divididas em duas categorias: área urbana de alto fluxo veicular e área urbana de baixo fluxo veicular e posteriormente foi calculado a média de fluxo veicular para cada cidade.

Para os testes foi utilizada *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. A espécie foi plantada nas cidades onde naturalmente não ocorria. Os dados foram coletados bimestralmente nas estações: verão, outono, inverno e primavera. Os pontos em que ocorreu a coleta foi devidamente marcado com o GPS Garmin etrex LEGEND HCx.

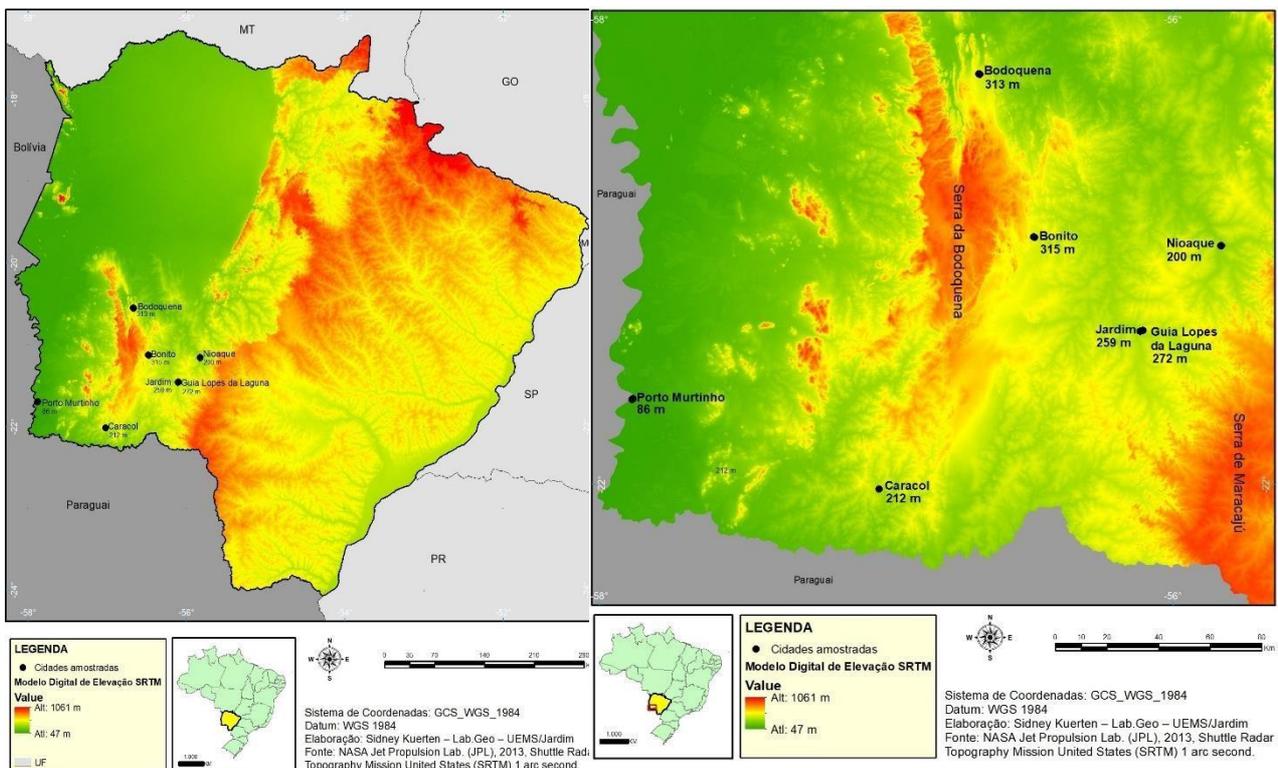


Fig 3. Mapa mostrando a altitude das cidades avaliadas nas cidades da microrregião da Bodoquena no Mato Grosso do Sul.

2.2 TRAD-MCN

O teste TRAD MCN foi desenvolvido de acordo com o protocolo de Ma et al. (1994). Quinze botões florais jovens de *T. pallida* foram coletados bimestralmente a partir da estação do verão de 2017 e nas demais estações: outono, inverno e primavera de 2018. As

inflorescências foram fixadas em solução de Carnoy (3 álcool etílico: 1 ácido acético). Após 24 horas, as inflorescências foram transferidas para uma solução de álcool na concentração de 70%. Dos botões florais amostrados foram confeccionadas 6 lâminas para cada local seguindo a metodologia proposta por Ma (1981). A frequência de micronúcleos foi calculada pela observação de 300 tétrades por lâmina, utilizando microscópio óptico no aumento de 400x (Nikon YS2; Tokyo, Japan), e os resultados expressos em porcentagens (frequência de micronúcleos em 100 tetrádes), conforme Ma et al. (1994).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, sendo 7 cidades x 4 estações do ano com 12 repetições. A frequência média de micronúcleo foi avaliada pelo teste F a 5% de probabilidade. Após verificar diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. O fluxo veicular nos diferentes horários e cidades foram analisados em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 7 (cidades) x 3 (horários) com quatro repetições e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de de probabilidade.

Foi realizada análise de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais, fluxo de veículos motorizados e a frequência de micronúcleo.

2.3 Avaliação morfoanatômica

Foram analisadas morfoanatomicamente 20 folhas mais expandidas de plantas distintas de cada ponto, provenientes das cidades estudadas. As folhas foram coletadas e separadas em grupos de 10, para cada ponto de coleta, sendo estes de alto e baixo fluxos para cada cidade estudada.

As folhas coletadas foram armazenadas em Álcool 70% e transportadas para o Laboratório de Botânica da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Posteriormente foram seccionadas transversalmente a mão- livre. As secções foram clarificadas com hipoclorito de sódio a 20% e em seguida submetidas ao processo de dupla coloração com azul de astra (1%) e safranina (1%) aquosos na proporção 9:1 (Johansen 1940). sendo montadas em glicerina a 66%.

As mensurações de espessura, comprimento e largura foram aferidas com paquímetro digital (DIGIMESS – 100.176 BL PLUS), além dos tecidos e estruturas como a cutícula superior (CS), cutícula inferior (CI), - face superior (ES) e face inferior (EI) da epiderme, hipoderme (HIPO) e mesófilo (MESO) foram avaliadas em microscópio binocular com câmara fotográfica acoplada com auxílio do programa de captura de imagem Moticam 2300 3.0MP live Resolution.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, sendo 7 cidades x 4 estações do ano com 20 repetições. As médias foram comparadas pelo teste

Scott-Knott a 5% de probabilidade.

2.4 Avaliação do fluxo veicular e condições ambientais.

O fluxo veicular foi obtido a partir da contagem dos veículos que circularam pelo ponto de coleta em cada dia de amostragem, três vezes ao dia das 8:00-9:00 horas da manhã, das 11:00-12:00 e das 17:00-18:00 horas da tarde, posteriormente foi calculada a média do fluxo veicular por cidade (Tabela 1).

O mapa hipsométrico de Mato Grosso do Sul foi produzido com base nos dados da missão topográfica Shuttle Radar (SRTM) e processados no software Esri ArcGIS® versão 10.5.1. Os intervalos de altitudes foram definidos entre os valores máximo e mínimo existentes na topografia estadual representados pela rampa de valores padrão (IBGE). Com esses dados, a espacialização altimétrica de Mato Grosso do Sul foi exibida por meio de um mapa de Modelo de Elevação (MDE). O MDE é a reprodução de uma seção da superfície, dada por uma matriz de pixels com coordenadas planimétricas e um valor de amplitude do pixel, compatível à elevação (Silva Jr. e Fuckner 2010).

Durante o período experimental além da coleta dos materiais biológicos, também foram registradas informações meteorológicas referentes à temperatura (°C), umidade relativa do ar (UR) (Tabela 1), que foram obtidas por meio de aparelho de Termo-Higrômetro Digital ITHT 2250 Instrutemp®.

A sequencia metodológica está na figura 4.



Fig 4. Sequência metodológica para avaliação dos micronúcleos.

Tabela 1. Dados coletados nas cidades analisadas: Altura metros (Alt.); Média de Fluxo Veicular por hora (F.V.); Média mensal da Umidade Relativa do ar % (UR); Média mensal da Temperatura (T °C).

Cidades	Variáveis ambientais por época																
	Verão				Outono				Inverno				Primavera				
	Fevereiro/2018				Junho/2018				Setembro/2018				Novembro/2018				
	Alt.	F.V.	UR	T°C	MCN	F.V.	UR	T°C	MCN	F.V.	UR	T°C	MCN	F.V.	UR	T°C	MCN
Bonito	315	1340	92	22,5	0,062	1170	72	20,1	0,049	798	81	11,5	0,044	852,5	94	20,1	0,042
Bodoquena	132	382,5	83	27,9	0,065	310	84	22,6	0,03	693,5	25	31	0,032	742,5	96	19,8	0,023
Caracol	212	242,5	51	19,7	0,053	227,5	52	11,9	0,069	215	25	33	0,039	253	91	23	0,032
Guia Lopes da Laguna	272	915	92	21,3	0,074	583	84	16,7	0,081	934,5	69	14	0,049	1113,5	92	20,7	0,032
Jardim	259	580	87	23,2	0,067	847,5	84	16	0,067	857,5	91	10	0,055	979	95	20,3	0,035
Nioaque	200	665	69	28,4	0,03	453	61	20,4	0,046	500,5	29	33	0,044	455	92	19,3	0,028
Porto Murinho	90	950	84	23,8	0,03	825	94	13,5	0,049	881,5	26	31,9	0,039	872	92	22,6	0,035

Altura metros (Alt.); Média de Fluxo Veicular por hora (F.V.); Média mensal da Umidade Relativa do ar % (UR); Média mensal da Temperatura (T °C).

3 RESULTADOS

Conforme a análise de variância observa-se que houve diferença significativa para o fator isolado, cidade e estações do ano; mas não houve para a interação (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para a frequência de micronucleos nas diferentes cidades e estações do ano.

Causa de variação	GL	QM	F
Cidade	6	0,0016	2,38*
Estação do ano	3	0,0043	6,23**
Cidade x estação do ano	18	0,00064	0,92
CV(%)	3,6		

GL: graus de liberdade, CV: coeficiente de variação, QM: quadrado médio e F; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Em relação a frequência de micronúcleo em *T. pallida* nas diferentes cidades analisadas. Guia Lopes da Laguna, apresentou a maior frequência de MCN mas não diferiu estaticamente de Jardim, Bonito e Caracol. Frequências menores de MCN foram encontradas para as cidades de Bodoquena, Nioaque e Porto Murtinho (Fig. 5).

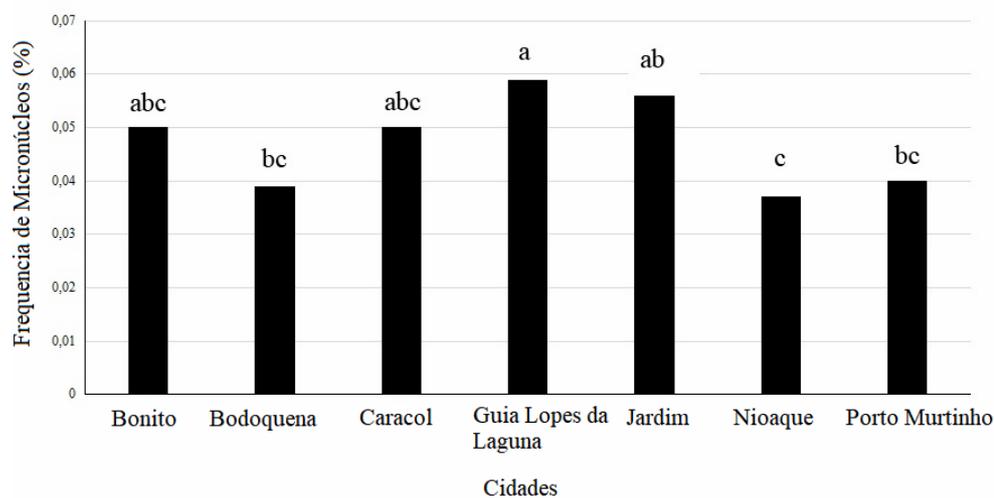


Fig 5. Frequência de micronúcleo nas diferentes cidades analisadas. Colunas seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Quando analisados as estações do ano, verificou-se que a frequência de MCN foi maior para a estação verão e outono, não variando de inverno, e menor na primavera (Fig. 6).

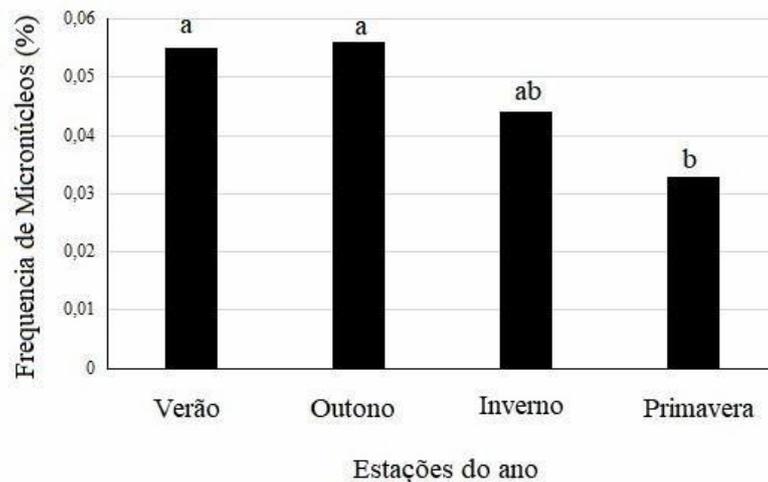


Fig 6. Frequência de micronúcleo nas diferentes estações do ano. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Não foi observada interação significativa entre os fatores cidades e horários para o fluxo de veículos, apenas o fator isolado, cidade e horário. As cidades com maiores médias de fluxo veicular foram Bodoquena (346,70 carros), Guia Lopes da Laguna (295,50 carros), Jardim (272,00 carros) e Porto Murтинho (294,04 carros), diferindo de Bonito (177,4 carros) e Nioaque (172,8 carros). Com menor fluxo de veículos foi a cidade de Caracol (78,16 carros) (Fig. 7).

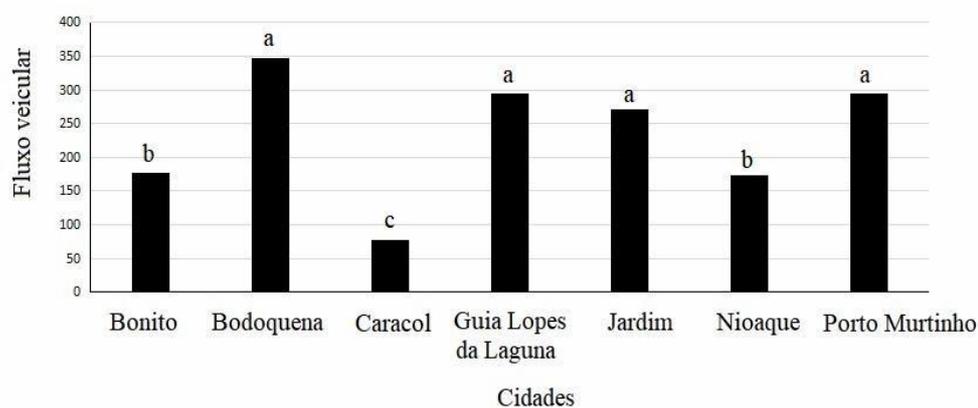


Fig 7. Fluxo veicular nas cidades da microrregião da Bodoquena. Cidades seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Em relação aos horários observou-se que o período das 17 e 18 horas foi o que apresentou maior fluxo de veículos (271,86), diferindo do período das 8 as 9 horas (219,52) e 11 as 12h (210,01) (Fig. 8).

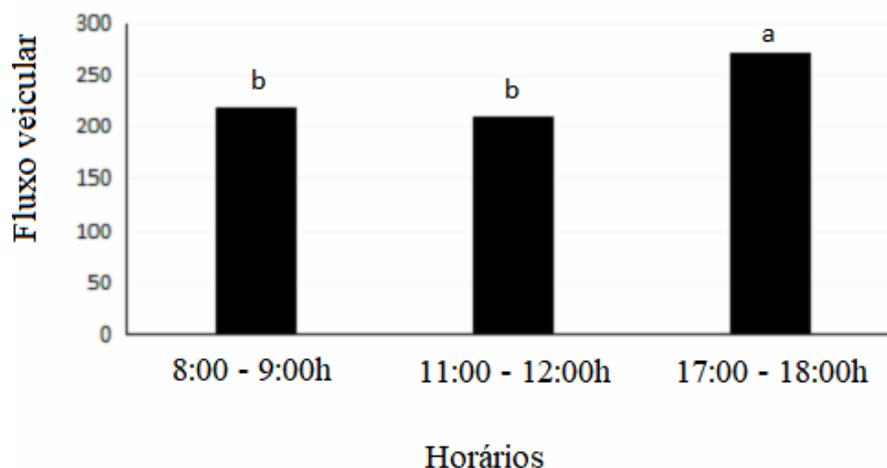


Fig 8. Fluxo veicular nos diferentes horários nas cidades da microrregião da Bodoquena. Medias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Observou-se correlação positiva entre a frequência de micronúcleos e os fluxo veicular (Tabela 3).

Tabela 3. Correlação de Pearson's entre as variáveis analisadas: frequência de micronucleo - MCN; fluxo veicular- Fluxo; altitude - ALT; Temperatura - T°C; umidade - UR (%).

	Temp	MCN	UR	Alt	Fluxo Veicular
Temp	1	-0,32 ns	-0,56**	-0,29 ns	-0,18 ns
MCN	-0,32 ns	1	0,07 ns	0,35 ns	0,047 *
UR	-0,56**	0,07 ns	1	0,12 ns	0,36 ns
Alt	-0,29 ns	0,35 ns	0,12 ns	1	-0,11 ns
Fluxo Veicular	-0,18 ns	-0,0008 ns	0,36 ns	-0,11 ns	1

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ; * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Observou-se uma variação na espessura dos tecidos e estruturas entre as diferentes cidades. As figuras 9 e 10 mostram essa variação e a diferença na espessura dos tecidos/estruturas entre as cidades e estações do ano.

De forma geral os tecidos e as estruturas apresentaram-se reduzido para as cidades de Nioaque e Porto Murtinho com acentuada diferença para hipoderme de *T. pallida*, no verão, quando comparada as outras cidades. Para o mesofilo de *T. pallida* em Nioaque foi observado redução na espessura. O comprimento e espessura foliar não foi observado diferenças entre as cidades.

Em relação as estações do ano, observou-se que no outono a espessura dos tecidos/estruturas são menores.

4 DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que a cidade de Guia Lopes da Laguna apresentou o maior número de micronúcleos em relação as outras cidades, embora não tenha apresentado diferença significativa em relação a Jardim, Caracol e Bonito. Embora o fluxo veicular seja mais elevado em Bodoquena e Porto Murtinho não foram observadas elevação na frequência de MCN para essas cidades, enquanto que para Caracol e Bonito o inverso foi observado. Observa-se que dentro das cidades que compõem a mesorregião Sudoeste de Mato Grosso do Sul, a microrregião da Bodoquena apresentou os valores da frequência de MCN menores quando comparado as cidades analisadas por Rocha et al. (2018). O fluxo veicular nas cidades analisadas por Rocha et al. (2018) apresentaram, em algumas cidades, o dobro do número de carros trafegando. Essa observação somada aos resultados da frequência de MCN no presente estudo, nos levam a crer que a microrregião da Bodoquena, mesmo com o apelo ecoturístico e histórico, é preservada quanto a qualidade do ar.

A microrregião da Bodoquena localiza-se em uma zona estratégica, uma vez que é oriunda do Mato Grosso do sul e este, além de situar-se no centro da América Latina também faz divisa com importantes estados brasileiros e dois países sul-americanos. As cidades que compõem a microrregião da Bodoquena apresentam uma vocação para o ecoturismo e o turismo histórico (Guimarães e Silva 2018) e assim, esperava-se um alto fluxo veicular.

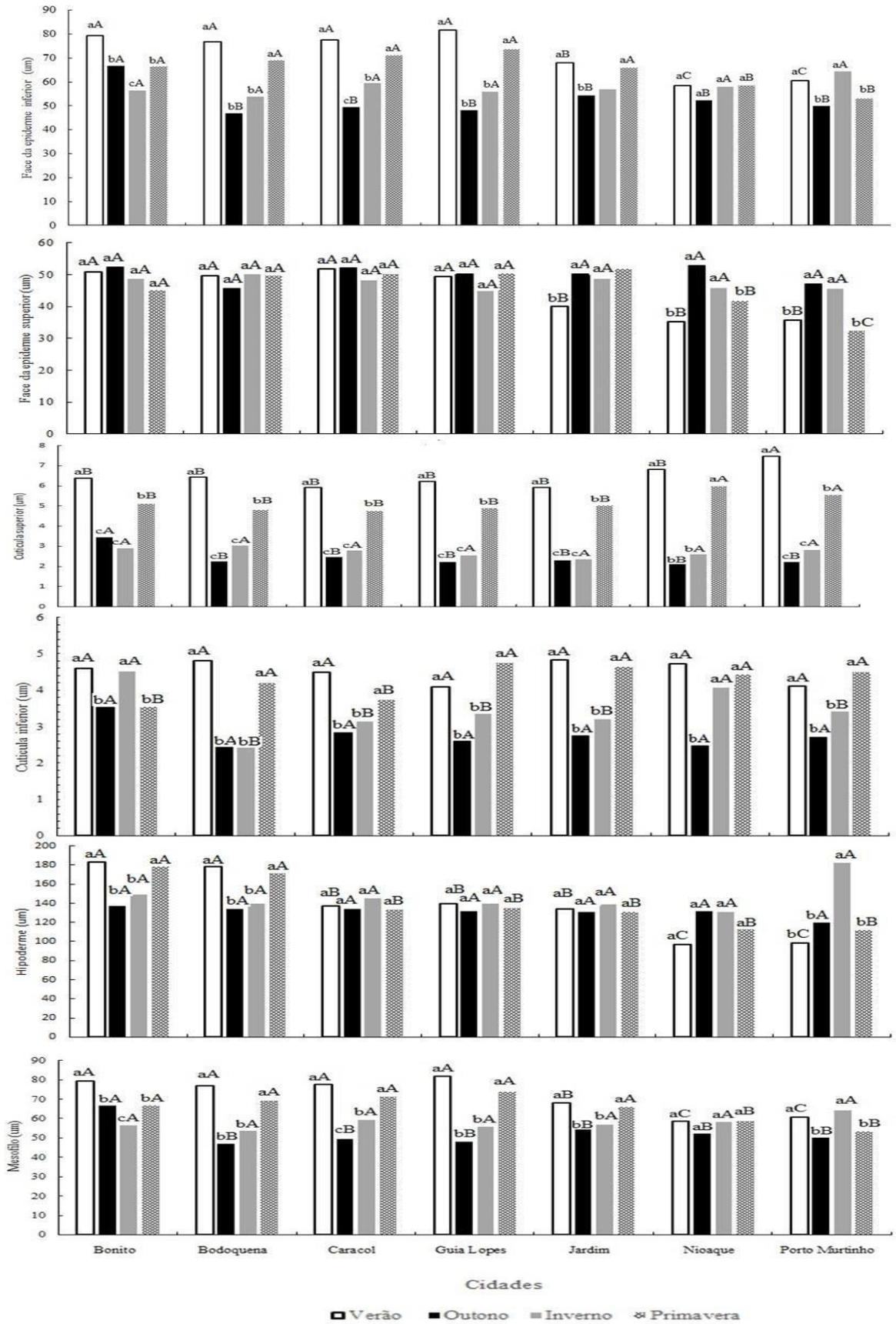


Fig. 9. Espessura dos tecidos foliares em *Tradescantia pallida*. Letras minúsculas para coluna e maiúsculas para linha.

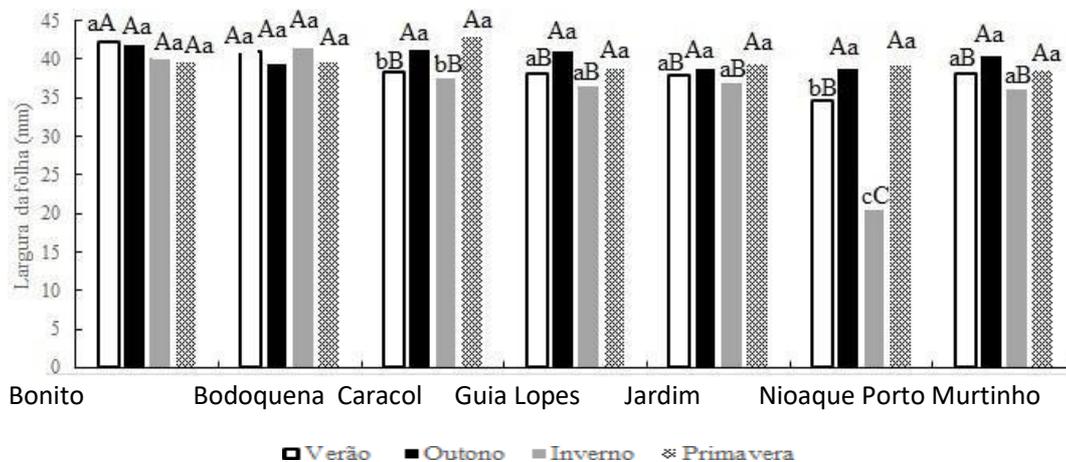


Fig. 10. Aspecto morfológico da folha de *Tradescantia pallida*. Letras minúsculas para coluna e maiúsculas para linha.

A pesquisa realizada por Guimaraes e Silva (2018) aponta o potencial ecoturístico de Bonito, contudo, de acordo com os autores, Bodoquena e Jardim podem apresentar essa mesma capacidade ao ecoturismo, mas atuam somente como suporte a Bonito. Dessa forma, esperava-se encontrar nessas cidades um maior fluxo veicular e,conseqüentemente uma frequência de MCN elevada. Embora dentro das cidades analisadas a frequência de MCN seja maior para as cidades de Bonito e Jardim, os valores encontrados estão muito abaixo dos observados nos trabalhos de Spósito et al. (2017); Rocha et al. (2018). Portanto, embora, observa-se alterações mutagênicas em *T. pallida*, nessa microrregião, as alterações numericamente são pequenas, quando comparadas a outras regiões do estado de Mato Grosso do Sul.

Alguns dos parâmetros que maximizam a poluição são: ventos fracos, baixa altitude e umidade relativa baixa. Quando analisados as estações do ano, verificou-se que a frequência de MCN foi maior para a estação verão e menor na primavera. No entanto, a frequência de micronúcleo no inverno também foi alta, isso pode ter ocorrido devido a diminuição das temperaturas, fazendo crescer a umidade, fator este que contribui para dispersão dos poluentes.

Em relação as aspectos morfoanatômicos, os resultados observados reforçam atese de que a microrregião da Bodoquena é uma região de Mato Grosso do Sul preservada. Outros autores encontraram que o aumento na concentração de poluentes provocou a diminuição na espessura foliar (Eleftheriou 1987; Evans e Miller 1995; Alves et al. 2001). Quando comparado com os resultados observados por Roman (2015) na microrregião de Dourados e Rocha (2017) na mesorregião sudoeste de Mato Grosso do Sul, os autores

observaram acentuada variação na frequência de micronúcleos e na espessura dos tecidos/estrutura para as cidades com maior fluxo veicular. No presente estudo essas alterações não foram evidentes contribuindo para o suporte da afirmativa de preservação ambiental na microrregião da Bodoquena e provavelmente os estudos morfoanatômicos tenham que ser conduzidos em espaço de tempo maior garantindo a observação das modificações morfoanatômicas.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a microrregião da Bodoquena está preservada quanto a qualidade do ar frente aos aspectos genotóxicos e morfoanatômicos, apresentando baixa frequência de micronúcleos e baixa redução dos tecidos e das estruturas foliares, independente das estações do ano.

6 REFERÊNCIAS

- Alves E.S., Giusti P.M, Domingos M., Saldiva P.H.N., Guimarães E.T., Lobo D.J.A. 2001. Estudo anatômico-foliar do clone híbrido de *Tradescantia*: alterações decorrentes da poluição aérea urbana. Revista Brasileira de Botânica, 24(4) Suppl: 561-66.
- Andrade Jr S.J., Santos Júnior J.C.S., Oliveira J.da L, Cerqueira E.de M.M, Meireles J.R.C. 2008. Micronúcleos em tétrades de *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. cv. *Purpurea* Boom: alterações genéticas decorrentes de poluição aérea urbana. Acta Scientiarum Biological Sciences, 30(3): 295-301.
- Arndt U, Schweiger B. 1991. The use of bioindicators for environmental monitoring in tropical and subtropical countries. In Biological monitoring signals from the environment (H. Ellenberg,ed.). Vieweg, Braunschweig, p.199-298.
- Batalha J.R.F., Guimaraes E.T., Lobo D.J.A., Lichtenfels A.J.F., Deur T., Carvalho H.A., Alves E.S., Domingos M., Rodrigues G.S., Saldiva P.H.N. 1999. Exploring the clastogenic effects of air pollutants in Sao Paulo (Brazil) using the *Tradescantia* micronuclei assay. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 426(2): 229–32.
- Braga A.L.F., Conceição G.M.S., Pereira L.A.A., Kishi H.S., Pereira J.C.R., Andrade M.F., Gonçalves F.L.T., Saldiva P.H.N., Latorre M.R.D.O. 1999. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brazil. Journal of Environmental Medicine, 1(2): 95-102.
- Braga A.L.F., Saldiva P.H.N., Pereira L.A.A., Menezes J.J.C., Conceição G.M.S., Lin C.A. 2001. Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in São Paulo, Brazil. Pediatric Pulmonology, 31:106-13.
- Brauer M., Hoek G., Van Vliet P., Meliefste K., Fischer P.H., Wijga A., Koopman L.P., Neijens H.J., Gerritsen J., Kerkhof M., Heinrich J., Bellander T., 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): 1092-098.

Brito K.C.T., Lemos C.T., Rocha J.A.V., Mielli A.C., Matzenbacher C., Vargas V.M.F., 2013. Comparative genotoxicity of airborne particulate matter (PM_{2.5}) using *Salmonella*, plants and mammalian cells. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 94: 14–20.

Brunekreef B., Holgate S.T. 2002. Air pollution and health. *The Lancet*, 360(9341): 1233-1242.

Bussotti F.; Bottacci A.; Bartolesi A.; Grossoni P.; Tani C. 1995. Morphoanatomical alterations in leaves collected from beech trees (*Fagus sylvatica* L.) in conditions of natural water stress. *Environmental and Experimental Botany*. 35: 201- 13.

Cairns Jr.J.; Pratt J.R., 1993. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates* (D. M. Rosenberg & V. H. Resh, ed.), pp. 10-27, New York: Chapman & Hall.

Carneiro M.F.H., Ribeiro F.Q., Fernandes-Filho F.N., Lobo D.J.A., Barbosa J.R.F., Rhoden C.R., Mauad T., Saldiva P.H.N., 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*, 75(2): 272-277.

Carreras H.A., Rodriguez, J.H., Gonzalez, C.M., Wannaz, E.D., Ferreyra, F.G., Perez, C.A., Pignata, M.L. 2009. Assessment of the relationship between total suspended particles and the response of two biological indicators transplanted to an urban area in central Argentina. *Atmospheric Environmental*, 43: 2944-2949.

Carvalho-Oliveira R., Pozo R.M.K., Lobo D.J.A., Lichtenfels A.J.F.C., Martins- Junior H.Á., Bustilho J.O.W.V., Saiki M., Sato I.M., Saldiva P.H.N. 2005. Diesel emissions significantly influence composition and mutagenicity of ambient particles: a case study in São Paulo, Brazil. *Environmental Research*, 98: 1-7.

Claxton L.D., Woodall Jr. G.M., 2007. A review of the mutagenicity and rodent carcinogenicity of ambient air. *Mutation Research*, 636: 36–94.

Conama 2002. Resolução nº 297, de 26/02/2002. Ministério do Meio Ambiente. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=294>. Acessado em: Maio de 2018.

Crispim B.A, Sposito J.C.V, Grisolia A.B. 2014. Effects of atmospheric pollutants on somatic and germ cells of *Tradescantia pallida* (Rose) DR HUNT cv. Purpurea. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86(4): 1899-906

Crispim B.A., Vaini J.O., Grisolia A.B., Teixeira T.Z., Mussury R.M., Seno L.O. 2012. Biomonitoring the genotoxic effects of pollutants on *Tradescantia pallida* (Rose) DR Hunt in Dourados, Brazil. *Environmental Science Pollution Research*, 19(3): 718-723.

Datasus. 2016. Departamento de Informatica do SUS. Disponível em: Registro de autorizações de Internação Hospitalar do BBS/DATASUS. Acesso: 10.01.2016.

Daumas R.P., Mendonça G.A.S., Leon A.P. 2004. Poluição do ar e mortalidade em idosos no Município do Rio de Janeiro: análise de série temporal. *Caderno de Saúde Pública*, 20(1): 311-19.

- Eleftheriou E.P. 1987. A comparative study of the leaf anatomy of olive trees growing in the city and the country. *Environmental and Experimental Botany*. 27(1): 105-17.
- Ellenberg H.1991. Bioindicators and biological monitoring. In *Biological monitoring. signals from the environment* (H. Ellenberg, ed.). Vieweg. Braunschweig, p.13-127.
- Evans L.S. Miller P.R. 1995. Comparative needle anatomy and relative ozone sensitivity of four pine species. *Canadian Journal of Botany*. 50(5): 1067-1071.
- Evans H.J. 1997. Historical perspectives on the development of the in vitro micronucleus test: a personal view. *Mutation Research*, 392(1): 5-10.
- Falla J., Laval- Gilly P., Henryon M., Morlot D., Ferard J.F. 2000. Biological air quality monitoring: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 64(3): 627-44.
- Flores F.E.V. 1987. O uso de plantas como bioindicadores de poluição no ambiente urbano-industrial: experiências em Porto Alegre, RS, Brasil. *T, binger Geograph is che Studien* 96:79-86.
- Gerosa G., Marzuoli R., Bussotti F., Pancrazi M, Ballarin- Denti A. 2003.Ozone sensitivity of *Fagus sylvatica* and *Fraxinus excelsior* young trees in relation to leaf structure and foliar ozone uptake. *Environmental Pollution* 125: 91-98.
- Gomes H. de A., Nouailhetas Y., Silva N.C., Mezrahi A., Almeida C.E.B., Rodrigues G. S. 2002. Biological Response of *Tradescantia* Stamen-hairs to High Levels of Natural Radiation in the Poços de Caldas Plateau. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45(3): 301-07.
- Grant W.F. 1998. Higher Plant Assays for the Detection of Genotoxicity in Air Polluted Environments. *Ecosystem Health*, 4(4): 210-29.
- Guimarães E.T., Macchione M., Lobo D.J., Domingos M., Saldiva P.H.N. 2004. Evaluation of the mutagenic potential of urban air pollution in São Paulo, Southeastern Brazil, using the *Tradescantia* stamen–hair assay. *Environmental Toxicology*, 19(6): 578-84
- Guimarães P.; Silva J dos S. 2018. O turismo na microrregião da Bodoquena – MS. *Anais 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Jardim, MS*, p. 646-655.
- Heddle J.A. 1973. A rapid in vitro test for chromosomal damage. *Mutation Research*, 18(2): 187-90.
- Ianisticki M., Dallarosa J., Sauer C., Teixeira C.E., Da Silva J., 2009. Genotoxic effect of polycyclic aromatic hydrocarbons in the metropolitan area or Porto Alegre, Brazil, evaluated by *Helix aspera* (Müller, 1974). *Environmental Pollution*, 157: 2037–2042.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. Produção Agrícola Municipal, 2005-2015. IBGE. Disponível em: <[http://www. sidra.ibge.gov.br/bda](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda)> acesso em: 14 de fevereiro de 2018.
- 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): 121-6.
- Johansen D.A. *Plant microtechnique*. MacGrawHill Book Company. New York. 1940.

- Joly A.B. 1976. Botânica: Introdução à taxonomia vegetal. São Paulo, Companhia Editora Nacional.
- Klumpp A., Ansel W., Klumpp G. 2004. European network for the assessment of air quality by the use of bioindicator plants- Final report In: University of Hohenheim, Germany.
- Klumpp A., Ansel W., Klumpp G., Calatayud V., Garrec J.P., He S., Peñuelas J., Ribas A., Ro-Poulsen H., Rasmussen S., Sanz M.J., Vergne P. 2006. *Tradescantia micronucleus* test indicates genotoxic potential of traffic emissions in European cities. *Environmental Pollution*, 139(3): 515-22.
- Lin A.C., Martins M.A., Farhat S.L., Pope C.A., Conceição G.M.S., Anastácio M.V. 1999. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. *Paediatric and Paediatric Epidemiology*, 13: 475-88.
- Lorenzi H., Souza H.M. 2001. Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 3ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum.
- Ma T.H. 1981. *Tradescantia micronucleus* bioassay and pollen tube chromatid aberration test for in situ monitoring and mutagen screening. *Environmental Health Perspectives*, 37: 85-90.
- Ma, T.H. 1983. *Tradescantia micronuclei* (Trad-MCN) test for environmental clastogens. In *In vitro toxicity testing of environmental agents*. (Kolber, Wong, Grant, DeWoskin, Hughes, eds.). Plenum Publishing Corporation, New York, p.1191-214.
- 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*, 310(2): 221-30.
- Marcilio I., Gouveia N. 2007. Quantifying the impact of air pollution on the urban population of Brazil. *Caderno de Saúde Pública*, 23(4): 529-36.
- Mariani R.L, Jorge M.P.M, Pereira S.S. 2008. Caracterização da qualidade do ar em São José dos Campos- SP, utilizando *Tradescantia pallida*(Trad-MCN). *Geochimica Brasiliensis*, 22(1): 27-33.
- Martins L.C., Latorre M.R.D.O., Cardoso M.R.A., Gonçalves F.L.T., Saldiva P.H.N., Braga A.L.F. 2002. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. *Revista de Saúde Pública*. 36: 88-94.
- Mišík M., Solenská M., Mičieta K., Mišiková K., Knasmüller S. 2006. In situ monitoring of clastogenicity of ambient air in Bratislava, Slovakia using the *Tradescantia micronucleus* assay and pollen abortion assays. *Mutation Research*, 605(1): 1-6.
- Majer B.J., Laky B., Knasmüller S., Kassie F. 2001. Use of the Micronucleus Assay with Exfoliated Epithelial Cells as a Biomarker for Monitoring Individuals at Elevated Risk of Genetic Damage and in Chemoprevention Trials. *Mutation Research*, 489(2-3): 147-72.
- Monarca S.; Feretti D.; Zanardini A.; Falistocco E.; Nardi G. 1999. Monitoring of mutagens in urban air sample, *Mutation Research*. 426:189–192.

Organização Mundial Da Saúde. 2012. Relatórios mundiais da saúde 2012. Disponível em: <www.brasil.gov.br>. Acesso em 11 de julho 2019.

Pereira T.S., Gotor G.N., Beltrami L.S., Nolla C.G., Rocha J.A.V., Broto F.P., Comellas L.R., Vargas V.M.F., 2010. *Salmonella* mutagenicity assessment of airborne particulate matter collected from urban areas of Rio Grande do Sul State Brazil, differing in anthropogenic influences and polycyclic aromatic hydrocarbon levels. *Mutation Research*, 702: 78–85.

Perera F., Hemminki K., Jedrychowski W., Whyatt R., Campbell U., Hsu Y., Santella R., Albertini R., O'Neill J.P. 2002. In utero damage from environmental pollution is associated with somatic gene mutation in newborns. *Cancer Epidemiology Biomark and Prevention*, 11(10): 1134-137.

Phillip J.R.A, Malheiros T.F. 2005. Controle da qualidade do ar. In: Phillip Jr, Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole p. 439-84.

Pope C.A., Burnett R.T., Thun M.J., Calle E.E., Krewski D., Ito K., Thurston G.D. 2002. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate. *Air Pollution. JAMA.*; 287(9): 1132–1141.

Pruss-Ustun A., Corvalan C. 2006. Preventing disease through health environments – Towards and estimate of the environmental burden of disease. Geneva World Health Organization.

Ribeiro H., Cardoso M.R. 2003. Air pollution and children health in São Paulo (1986-1998). *Social Science and Medicine*, 57(11): 2013-2022.

Rocha A.N. 2017. Biomonitoramento da qualidade do ar na mesorregião Sudoeste de Mato Grosso do Sul: Alterações genotóxicas e anatômicas em *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. HUNT var. purpurea. Dissertação. Universidade Federal da Grande Dourados.

Rocha A. do N., Candido LS., Pereira J.G., Mussury Silva C.A., da Silva S.V., Mussury R.M. 2018. Evaluation of Vehicular Pollution using the TRAD-MCN Mutagenic Bioassay with *Tradescantia pallida* (Commelinaceae). *Environmental Pollution*, 240: 440-447.

Rodrigues G.S, Madkour S.A, Weinstein L.H. 1996. Genotoxic activity of ozone in *Tradescantia*. *Environmental and Experimental Botany*, 36(1): 45-50.

Rodrigues G.S., Ma T-H., Pimentel D, Weinstein L.H. 1997. *Tradescantia* bioassays as monitoring systems for environmental mutagenesis: A Review. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 16(4): 325-59.

Roman A. I. 2015. Avaliação da poluição do ar com base nos aspectos anatômicos foliares e genotóxicos em *Tradescantia pallida* (ROSE) D.R HUNT Var. Purpurea. Dissertação. Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD.

Saldiva P.H.N., Lichtenfels A.J.F.C., Paiva P.S.O., Barone I.A., Martins M.A, Massad E., Pereira J.C.R, Xavier V.P., Singer J.M., Böhm G.M. 1994. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo: A preliminary report. *Environmental Research*, 65(2): 218-25.

Saldiva P.H.N., Pope C.A., Schwartz J., Dockey D., Lichtenfels A.J.F.C., Salge J.M.; Barone I.A., Böhm G.M. 1995. Air pollution and mortality in elderly people: a times series in São Paulo. *Archives of Environmental Health*, 50(2): 159-63.

Saldiva P.H.N., Clarke R.W., Coull B.A., Stearns R.C., Lawrence J., Murthy G.G.K., Diaz E., Koutrakis P., Suh H., Tsuda A., Godleski J.J. 2002. Lung inflammation induced by concentrated ambient air particles is related to particle composition. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 165(12): 1610-617.

Savóia E.J.L., Domingos M., Guimarães E.T., Brumati F., Saldiva P.H.N. 2008. Biomonitoring genotoxic risks under the urban weather conditions and polluted atmosphere in Santo André, SP, Brazil, through Trad-MCN bioassay. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(1): 255-60.

Silva Jr O. M.; Fuckner M. A. 2010. Avaliação da correlação entre modelo digital de elevação ASTER e carta topográfica para a região de Marabá – Estado do Pará. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (SIMGEO), 3., Recife. Anais...Recife, 2010. Artigos, p. 27-30. Disponível em: https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Todos_Artigos/R_248.pdf. Acesso em 21.out.2017.

Spósito J.C.V., Crispim B.A., Mussury R.M., Grisolia A.B. 2015. Genetic instability in plants associated with vehicular traffic and climatic variables. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 120: 445-48.

Spósito J.C.V., Crispim B.D.A., Romão A.I., Mussury R.M., Pereira J.G., Seno L.O., Grisolia A.B. 2017. Evaluation the urban atmospheric conditions in different cities using comet and micronuclei assay in *Tradescantia pallida*, *Chemosphere*. 175: 108- 113.

Suyama F., Guimarães E.T., Lobo D.J., Rodrigues G.S., Domingos M., Alves E.S., Carvalho H.A., Saldiva P.H. 2002. Pollen mother cells of *Tradescantia* clone 4430 and *Tradescantia pallida* var. *purpurea* are equally sensitive to the clastogenic effects of X-rays. *Brazilian Journal of Medicine and Biologic Research*, 35(1):127–29.

Turner M.C., Chen, Y., Krewski, D., Calle, E.E., Thun, M.J. 2007. Chronic obstructive pulmonary disease is associated with lung cancer mortality in a prospective study of never smokers. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 176(3): 285–90.

Umbuzeiro G.A., Franco A., Martins M.H., Kummrowa F., Carvalho L., Schmeiser H.H., Leykauf J., Stiborova M., Claxton L.D. 2008. Mutagenicity and DNA adduct formation of PAH, nitro-PAH, and oxy-PAH fractions of atmospheric particulate matter from São Paulo, Brazil. *Mutation Research*, 652(1): 72–80.

Vargas V.M.F. 2003. Mutagenic activity as a parameter to assess ambient air quality for protection of the environment and human health. *Mutation Research*, 544, 313–319.

Victorin K., 1994. Review of the genotoxicity of nitrogen oxides. *Mutation Research* 317(1): 43–55.

Victorin K., 1996. Genotoxicity and carcinogenicity of ozone. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 22(3): 42–51.

Zanobetti A., Schwartz J. 2009. The effect of fine and coarse particulate air pollution on mortality: A National Analysis. *Environmental Health Perspectives*, 117(6): 898-903.