Utilização de *Tradescantia pallida purpurea* como bioindicadora de agentes tóxicos na água

Natália Barreto dos Santos[1], Claudia de Moura[1], Ana Beatriz Carollo Rocha-Lima[1*], Débora-Jâ de Araujo Lobo[2], Paulo Hilário Nascimento Saldiva[2,3]. Luciana Bizeto[1].

1 – Instituto de Ciências da Saúde – Universidade Paulista – UNIP, Jundiaí-SP, Brasil.
2 – Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), São Paulo-SP, Brasil.
3 – Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo (IEA-USP), São Paulo-SP, Brasil.

*Autor de Correspondência: Ana Beatriz Carollo Rocha-Lima
Os autores declaram não haver conflito de interesses. Trabalho desenvolvido na área de Toxicologia e Análises Ambientais.
Endereço: Universidade Paulista - UNIP, *campus* Jundiaí, Instituto de Ciências da Saúde. Avenida Armando Giassetti, 577 - Vila Hortolândia - Trevo Itu/Itatiba - Jundiaí – SP, CEP 13214-525, Tel.: (11) 4815-2333

e-mail: abeatrizcrl@gmail.com

Resumo

A poluição chegou de forma gradativa no início e atualmente aumenta de modo acelerado em um dos rios mais importantes para os paulistanos, o Rio Tietê. O uso de bioindicadores permite avaliar e caracterizar a saúde do meio ambiente proporcionando um conhecimento mais preciso da qualidade ambiental. O objetivo do presente estudo foi analisar e comparar a toxicidade de uma amostra de água coletada no rio Tietê na cidade de Cabreúva, na divisa com Araçariguama, estado de São Paulo, comparando-a com os controles positivo, branco e negativo, utilizando a espécie *Tradescantia pallida purpurea* como bioindicadora da qualidade de água. Para isso, foram coletadas aproximadamente 20 hastes da espécie de planta *Tradescantia pallida purpurea* para a realização de um controle positivo, branco e negativo. As hastes, ou "cuttings", foram colocadas em água de torneira constituindo a fase adaptativa e foram transferidas posteriormente para os controles e para a amostra de água coletada do rio Tietê, lá permanecendo por 8 horas. Após esse período, foram transferidas novamente para água de torneira caracterizando o período de recuperação. Dez lâminas com as inflorescências foram preparadas para cada amostra de água coletada e foi realizada a contagem dos micronúcleos existentes em 1200 células, comparando-as posteriormente com os controles positivo, branco e negativo. Constatou-se alta prevalência de micronúcleos na amostra experimental em relação aos outros controles, inclusive ao positivo (formol). A frequência de micronúcleos encontrados na amostra experimental, comparada com os controles, indica uma alta prevalência de substâncias tóxicas na água analisada.

Palavras-chave: Toxicidade; Genotoxicidade; Micronúcleos.

Use of the *Tradescantia pallida purpurea* as bioindicator of toxic agents in the water

Abstract

The pollution came gradually at first and is now increasing rapidly in one of the most important rivers for the people of São Paulo, the Tietê River. The use of bio-indicator allows to evaluate and characterize the health of the environment by providing a more accurate knowledge of environmental quality. The aim of this study was to analyze and compare the toxicity of a water sample collected in the Tiete River in the city of Cabreúva, on the border with Araçariguama, state of São Paulo, comparing it to the positive, white and negative controls, using *Tradescantia pallida purpurea* species as a bio-indicator of water quality. For this, approximately 20 stems of the plant species *Tradescantia pallida purpurea* were collected for performing a positive, white and negative control. The stems or "cuttings" were placed in tap water constituting the adaptive phase and were later transferred to the controls and to the collected water sample from the Tietê river, remaining there for 8 hours. After this period, they were transferred back to tap water characterizing the recovery period. Ten blades with inflorescences were prepared for each sample of collected water and the micronuclei was counted in 1200 cells, comparing them with the positive, white and negative controls. It was verified a high prevalence of micronuclei in the experimental sample in relation to the other controls, including positive (formaldehyde). The frequency of micronuclei found in the experimental sample, compared with controls, indicates a high prevalence of toxic substances in the analyzed water.

Key words: Toxicity; Genotoxicity; Micronucleus.

Introdução

O agente tóxico ou toxicante é uma substância que pode causar algum dano a um sistema biológico, alterando uma função ou levando o indivíduo à morte, considerando a dose em que o indivíduo é exposto. A toxicidade é a capacidade de uma substância produzir danos a um organismo vivo. Esse conceito, do que é o toxicante, envolve aspectos quantitativos e qualitativos. Em relação ao quantitativo, o agente tóxico, mesmo sendo perigoso em certas doses, pode não causar um efeito nocivo em doses muito baixas. Com relação ao aspecto qualitativo, para uma determinada espécie o toxicante pode causar efeitos nocivos e para outras não[1]. A ação tóxica é a maneira pela qual um agente tóxico exercerá sua atividade sobre as estruturas teciduais de um organismo[2]. A gestão de risco por conta da introdução de substâncias químicas no ambiente é realizada por análise da nocividade ecológica e o dano à saúde ambiental, comumente referido como risco à saúde humana. O principal objetivo da Toxicologia é gerenciar o risco, o que constitui uma condição indispensável para que se estabeleçam medidas de segurança na utilização de compostos químicos, assegurando proteção do meio ambiente e da saúde humana[3].

A industrialização foi o primeiro fator de grande relevância para a poluição ambiental, uma vez que são despejados em lagos e rios, resíduos de suas produções[4]. Alguns poluentes no ambiente podem estar sujeitos a vários processos que podem afetar o seu destino e comportamento. Uma vez em contato com o organismo humano, podem causar diversos efeitos como os efeitos bioquímicos, caracterizando modificações nas estruturas das células, interferência na produção de ATP,

inibição de algumas enzimas, alterações hepáticas, dentre outras[5]. Além dos efeitos nocivos ao organismo humano, também é grande a preocupação com os animais aquáticos que sofrem com a interferência de poluentes em seu habitat[6].

Atualmente, a poluição ambiental aumenta de maneira significativa. O surgimento das cidades e o crescimento da área urbana têm contribuído com o crescimento de impactos ambientais negativos. O uso irregular da água, a grande produção de resíduos por conta do crescente consumo de bens materiais, são algumas das características negativas do crescimento urbano. Alterações ambientais oriundas de intervenções antropogênicas de forma irregular comprometem o ecossistema[7]. A preservação ambiental torna-se então, cada vez mais o foco de preocupação da sociedade, surgindo assim a necessidade de promover ações que possam auxiliar na promoção da qualidade de vida para os seres vivos, cuidando de todo o meio ambiente, utilizando alguns métodos de estudo capazes de avaliar os toxicantes presentes no solo, na água e no ar para que sejam tomadas as medidas cabíveis no controle da poluição[8].

A poluição chegou de forma gradativa no início e atualmente aumenta de modo acelerado em um dos rios mais importantes para os paulistanos, o Rio Tietê. Embora de dimensões e proporções pequenas, já foi utilizado para o abastecimento de pescado à cidade de São Paulo e até como forma de lazer e recreação. Represado a 25 quilômetros da cidade de Salesópolis, serve de veículo receptor e transportador de inúmeros resíduos industriais e domésticos, recebendo atualmente uma carga poluidora de 1.100 toneladas de matéria orgânica, sendo a maioria proveniente de esgoto doméstico, 6 toneladas de resíduos industriais e 4.000 toneladas de resíduos sólidos. A poluição do rio traz diversas consequências sendo de grande valia os estudos dos toxicantes ali presentes, para se pensar em políticas públicas e sociais no combate à poluição[9].

Há diversos estudos que utilizam plantas como biondicadoras da toxicidade no solo, água e ar. Os efeitos negativos que a contaminação das águas pode gerar em determinadas espécies utilizadas como bioindicadoras podem ser utilizados para avaliação quantitativa e qualitativa da contaminação da água[10]. Entende-se por biondicador, organismos que respondem de alguma forma aos fatores que alteram o ambiente. Um biomonitor tem a característica de quantificar alterações ambientais, por acúmulo de elementos em seu interior. Além de acúmulo, há a verificação da poluição ambiental pela quantidade de sua presença ou ausência no local[11].

O uso de bioindicadores permite avaliar e caracterizar a saúde do meio ambiente proporcionando um conhecimento mais preciso da qualidade ambiental[12]. Os organismos utilizados possuem complexidade gênica similar à do homem e podem ter fácil cultivo e manuseio, podendo também fornecer informações com rapidez[13]. O seu uso também oferece vantagens como o baixo custo, a possibilidade de monitorar áreas amplas e por um longo período de tempo e a avaliação de elementos químicos em concentrações baixas no ambiente[14]. Essa técnica pode ter também caráter complementar, como estratégia que auxiliem técnicas convencionais, como métodos físico-químicos de avaliação do risco ambiental[13].

Alguns grupos de pesquisa nos Estados Unidos já vêm trabalhando em estudos com utilização de plantas como bioindicadores, como o programa “Air Quality Biomonitoring Program on National Forests of Northwest Oregon

and Southwest Washington" que teve seu início nos anos 90, utilizando liquens e musgos para descrever os impactos de poluentes aéreos na região[15].

O presente estudo caracteriza-se pela utilização da espécie *Tradescantia pallida purpurea*, planta herbácea pertencente à família Commelinaceae, como bioindicadora da qualidade de amostras de água, através do bioensaio de Micronúcleo em *Tradescantia* (Trad-MCN bioassay). As células-mãe de pólen de *Tradescantia* são bem sincronizadas em estágios de Prófase I (meiose) e tétrades (conjunto formado por quatro células envoltas por uma membrana de celulose). Cromossomos desses estágios são mais sensíveis aos agentes químicos e físicos e, quando afetados, induzem a formação de micronúcleos (pequenas porções de material genético que sofreram agressão por agente mutagênico) nos citoplasmas das tétrades, indicando uma genotoxicidade[16].

A espécie *Tradescantia pallida purpurea* é monocotiledônea e nativa da região norte e central do continente americano e é de fácil adaptação a diferentes condições climáticas. Essa espécie possui raízes tuberosas (raízes com reservas de nutrientes) e suas inflorescências (conjunto de várias flores) podem ser pares de picos protegidas por brácteas, que são estruturas foliares integradas com função protetora. É uma espécie encontrada com facilidade em jardins de muitas cidades[17].

O conhecimento da morfologia e fisiologia da *Tradescantia pallida purpurea* garante um melhor aproveitamento para o estudo da toxicidade em suas estruturas, verificando com rapidez e facilidade a toxicidade que agentes mutagênicos causam em seu organismo[17].

Os agentes mutagênicos são normalmente provenientes de agentes físicos ou químicos, que podem alterar o código genético de um organismo. A temperatura como agente físico, pode duplicar a taxa de mutação de um ser vivo[18]. Os agentes químicos originam-se comumente de resíduos industriais, de esgotos e da agricultura e também podem ocasionar mudanças no DNA de um organismo. Essas mudanças consistem em mutações que prejudicam a correta duplicação do DNA e por tais lesões, esses agentes são chamados de genotóxicos[18]. A alteração do material genético de um organismo pode ser identificada pela presença de micronúcleos em suas células, após o contato desse indivíduo com algum agente genotóxico[19].

Os micronúcleos se originam de fragmentos cromossômicos ou de cromossomos inteiros que acabam por não completar a migração anafásica da divisão celular. São pequenas porções de material genético que sofreram agressão por agente mutagênico e não foram reparadas durante a meiose. A contagem dos micronúcleos que estiverem presentes nas células da espécie de estudo servirá de base para o presente trabalho, de modo a caracterizar o quão nocivo é o agente para a planta sendo nocivo também ao organismo humano[13].

Objetivos

Analisar e comparar a toxicidade de uma amostra de água coletada no rio Tietê da cidade de Cabreúva, na divisa com Araçariguama, estado de São Paulo, comparando-a com os controles positivo e negativo, utilizando a espécie *Tradescantia pallida purpurea* como bioindicadora da qualidade de água.

Material e métodos

1. Materiais biológicos

Foram coletadas plantas da espécie *Tradescantia pallida purpurea* na área urbana da cidade de Jundiaí.

2. Amostras de campo

A amostra analisada foi coletada pelos pesquisadores no Rio Tietê da cidade de Cabreúva, divisa com Araçariguama, estado de São Paulo (Figura 1). O material coletado foi enviado ao laboratório de Microscopia da Universidade Paulista – Unip, *campus* Jundiaí, para análise das amostras.

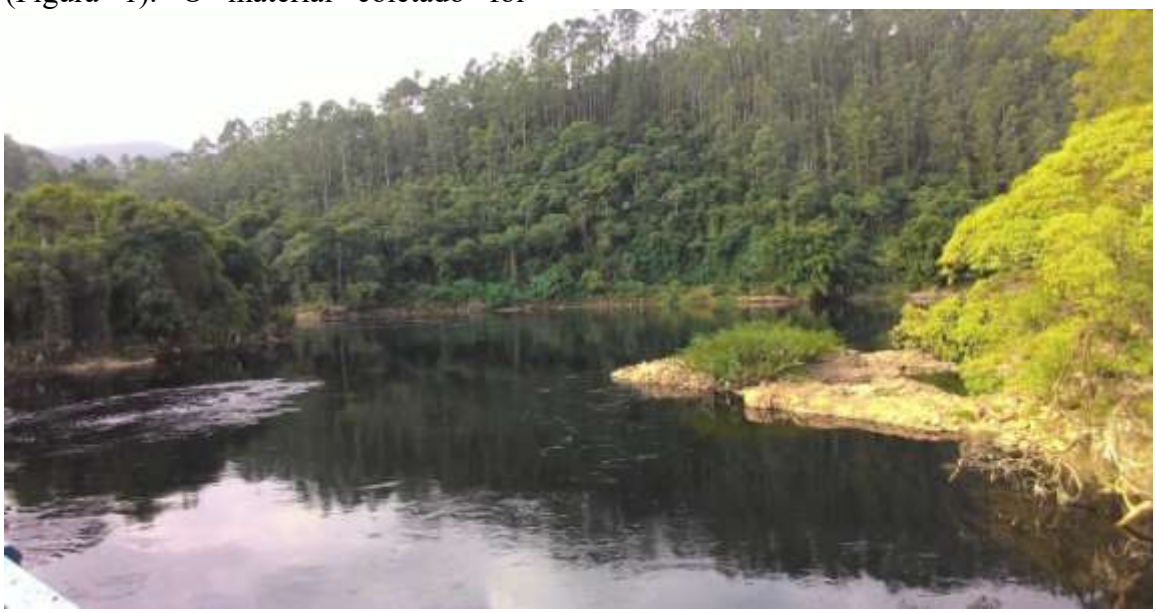


Figura 1 – Rio Tietê, Cabreúva divisa com Araçariguama – SP em 16/05/2016.

3. Intoxicação

O trabalho foi baseado de acordo com a metodologia do Dr. Paulo Hilário do Nascimento Saldiva (Ma, 1981). Após o crescimento das mudas, coletou-se aproximadamente 20 hastes da planta para realização do controle negativo (Água Destilada), positivo (Solução de Formaldeído 0,1 %), branco (Água de Torneira) e para a amostra coletada no rio Tietê em Cabreúva divisa com Araçariguama, estado de São Paulo. As hastes, ou "cuttings" foram colocadas em água de torneira por 24 horas, constituindo a fase adaptativa. Após esse período, as hastes foram transferidas para os controles positivo, negativo e branco e para a amostra de água coletada, lá permanecendo por 8 horas (Figura 2). Posteriormente, foram transferidas novamente para água de torneira e deixadas por mais 24 horas, caracterizando o período de recuperação. Após todo esse procedimento, as inflorescências foram colocadas no fixador (1 parte de ácido acético para 3 de álcool etílico a 98° por 48 horas) sendo então retiradas para dar início à montagem das lâminas.



Figura 2 – Intoxicação das hastes.

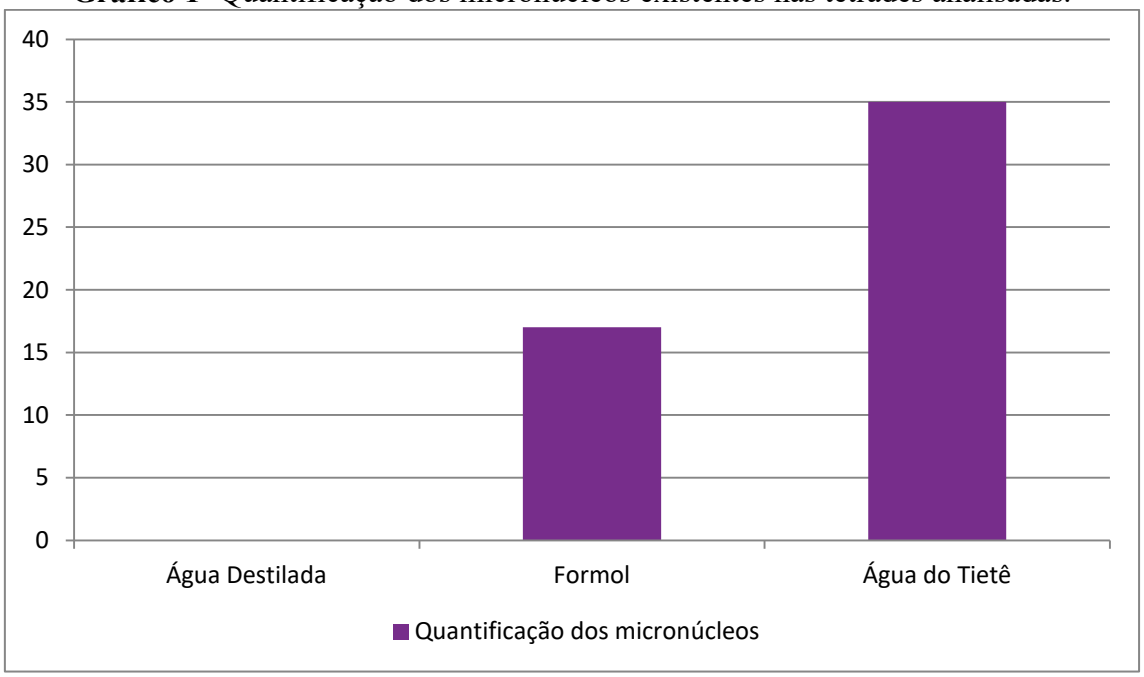
4. Preparo e leitura das lâminas

Com o auxílio de uma pinça, retiraram-se os botões localizados na inflorescência da planta para colocar nas lâminas. Foram posteriormente macerados com o auxílio de um estilete histológico e uma gota do corante Carmin, inserindo sobre eles a lamínula. As lâminas foram aquecidas sobre a chama de uma espiriteira, com temperatura de morno-quente a quente, para um melhor tingimento do Carmin nas células. Apertou-se com um lenço de papel por cima da lamínula para a retirada do excesso do corante. Foram feitas 10 lâminas para cada amostra estudada. Após o preparo, foi realizada a contagem dos micronúcleos, as pequenas porções do material genético que foram expulsas para o citoplasma, existentes em aproximadamente mil células. Após o término da contagem, realizou-se a comparação entre a água avaliada com o controle positivo e o negativo. Os resultados foram analisados estatisticamente através do teste qui-quadrado (X^2), sendo considerada relevante estatisticamente a probabilidade menor do que 5% ($P<0,05$).

RESULTADOS

Para cada amostra estudada, foi realizada a identificação e contagem dos micronúcleos existentes em 300 tétrades, 1.200 células no total, em que se observou a presença de dois micronúcleos para o controle branco (água de torneira), dezessete micronúcleos no controle positivo (formol), nenhum micronúcleo existente no controle negativo (água destilada) e 35 micronúcleos no grupo experimental, em que se examinou a toxicidade da água do rio Tietê em Cabreúva divisa com Araçariguama-SP, mostrado no gráfico 1.

Gráfico 1- Quantificação dos micronúcleos existentes nas tétrades analisadas.



Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos controle positivo e negativo ($P=2,73^{-6}$) e entre os grupos controle positivo e branco ($P=1,24^{-5}$), demonstrando que a metodologia foi eficiente para detectar diferenças na taxa de mutação entre os veículos utilizados e a amostra mutagênica, corroborando com a confiabilidade da metodologia utilizada.

Também foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre o grupo experimental e controle branco ($P=2,14^{-8}$), entre o grupo experimental e controle negativo ($P=1,08^{-09}$) e entre o grupo experimental e controle positivo (P=0,009), caracterizando diferenças na taxa de mutações da amostra experimental em relação ao veículo utilizado para a intoxicação e demonstrando que a amostra é mais mutagênica do que o controle positivo.

DISCUSSÃO

A alta prevalência de micronúcleos existentes na amostra experimental do presente estudo foi constatada em comparação ao controle positivo, formol, que, por ser concentrado e tóxico, também gerou um número significativo de micronúcleos. A quantidade de micronúcleos existentes na amostra experimental revela a toxicidade da água do rio coletada, corroborando com a hipótese de que a amostra, sendo mutagênica, pode ser deletéria para a saúde humana.

A toxicidade da amostra ocorre por conta do aumento de depósito de dejetos e substâncias tóxicas no local. Atividades industriais, depósito de lixos em corpos d´água e a falta de cuidado com o meio intensificam o aumento de toxicantes nesses ambientes, tornando o estudo com a utilização de bioindicadores de suma importância para avaliação da genotoxicidade. É uma valiosa ferramenta para avaliação da sanidade dos ecossistemas[20].

A organização e a estrutura das células vegetais assemelham-se a de células animais e por isso, os fatores que possam induzir alterações cromossômicas em plantas também podem ser deletérios à célula humana[20]. Agentes físicos e químicos podem causar alterações nas células de um organismo e a espécie de planta

Tradescantia pallida purpurea vem sendo atualmente bastante utilizada como bioindicadora da qualidade de um meio a ser estudado. Há pesquisas que se utilizam dessa espécie de planta para monitorar também a qualidade do ar e solo[21].

Uma pesquisa realizada pela Universidade do Oeste Paulista em Presidente Prudente, São Paulo, analisou os efeitos clastogênicos (que causam quebras cromossômicas) na *Tradescantia* depois de cultivada em solos tratados com lodos de diferentes origens. As amostras foram coletadas em pontos diferentes da cidade de Presidente Prudente, tendo algumas delas apresentado inflorescências durante o experimento, tais quais: a amostra $L_{A,}$ coletada em um frigorífico que realiza abates de bovinos e que possui em lagoas biológicas, o tratamento dos efluentes; e a amostra $L_{E,}$ coletada em uma Estação de Tratamento de Esgotos da cidade e região por um processo de lodos ativados. O estudo avaliou a mutagenicidade provocada pelos diferentes tratamentos, verificando-se para a amostra $L_{E,}$ tratado com 70g de lodo, a presença de 15 micronúcleos; $L_{E,}$ tratado com 140g de lodo, a presença de 21 micronúcleos e em $L_{A,}$ tratado com 70g de lodo, 08 micronúcleos em 300 tétrades por lâminas analisadas (5 lâminas por ponto amostral em cada mês)[22]. A quantidade de micronúcleos encontrados foi crescente, conforme a origem e quantidade de lodo acrescentado aos solos com a *Tradescantia* cultivada, assemelhando-se com os resultados deste estudo, que verificou um aumento da frequência de micronúcleos em relação a um dos controles, o positivo, indicando que o grupo experimental é bastante tóxico.

No Sul do país, no Laboratório de Biotecnologia Vegetal, Universidade Feevale, Novo Hamburgo - RS, uma pesquisa utilizou-se do biomonitoramento com a *Tradescantia* objetivando investigar a genotoxicidade em corpos d´água no Parque Municipal Henrique Luís Roessler, uma Unidade de Conservação na Bacia do Rio dos Sinos, na cidade de Novo Hamburgo, tendo ramos de inflorescências jovens de *Tradescantia,* mensalmente, expostos por 24 horas à amostras de água coletadas em três pontos diferentes do parque. Como controle negativo, foram expostos ramos à água destilada por 24 horas. Verificou-se uma frequência de micronúcleos superior em nove meses no ponto S1 (nascente do principal curso d´água) e no ponto S2 (nascente do curso d´água secundário) e em 11 meses no ponto S3 (situado após a junção dos corpos d´água S1 e S2) quando comparadas às frequências nos controles trimestrais, que variaram de 1,19 a 1,62[23]. A frequência superior de micronúcleos encontrados nas amostras experimentais do parque quando comparadas aos grupos controles, assemelham-se com os resultados obtidos da amostra experimental coletada no Rio Tietê, em relação aos seus grupos controles.

Os dados encontrados neste presente estudo corroboram com uma pesquisa realizada no município de Barra Bonita, em São Paulo. O teste de micronúcleo em *Tradescantia* foi feito para verificar a presença de agentes mutagênicos em águas do Rio Tietê que passam pelo município. Os pesquisadores coletaram 60 inflorescências jovens de *Tradescantia pallida* que foram divididas igualmente em três grupos e foram mantidas por 24 horas em água potável com aeração constante. Após este período, substituíram a água potável para as soluções testes: controle negativo (água destilada), controle positivo (0.1% formaldeído em água destilada) e efluente (água coletada do Rio Tietê) por 8 horas. Posteriormente,

transferiram novamente para água potável por mais 24 horas. Após o preparo e análises das lâminas, verificou-se uma frequência de micronúcleos superior no efluente, em comparação aos grupos controles ($p < 0.05$). A frequência de micronúcleos em *Tradescantia pallida* encontrada no controle positivo, também diferiu significativamente do controle negativo ($p < 0.01$) enquanto a frequência encontrada no efluente não diferiu de forma significativa em relação ao controle positivo ($p > 0.05$) [24], o que difere do resultado encontrado neste estudo, tendo o grupo experimental estatisticamente diferente do controle positivo. A frequência de micronúcleos do efluente coletado do Rio Tietê de Barra Bonita diferiu em relação ao controle negativo analisado, o que indica genotoxicidade da amostra, assemelhando-se com os resultados encontrados neste estudo.

Outro estudo realizado com águas dos Rios Jundiaí e Tietê no município de Salto-SP comparou a qualidade da água pré e pós região industrial. Nas análises estatísticas (X^2), o Rio Jundiaí apresentou diferença significativa quando comparado a todos os controles ($p < 0.05$), enquanto o Rio Tietê apresentou diferenças estatisticamente significativas comparado aos controles branco e negativo ($p < 0.05$) e não apresentou diferença estatisticamente significativa no controle positivo ($p > 0.05$), demonstrando que a qualidade da água, que já se apresentava tóxica antes da região industrial de Salto, sofre expressiva deterioração ao passar pela região industrial, resultando em uma maior atividade mutagênica[25]. O presente estudo também detectou grande atividade mutagênica nas águas do Rio Tietê em localidade próxima à Salto-SP, corroborando com os resultados obtidos no referido estudo.

Conclusão

A amostra coletada no rio Tietê em Cabreúva foi analisada e comparada com os outros controles. Para o controle negativo utilizou-se água destilada e não foi constado presença de micronúcleos nas tétrades encontradas, verificando-se que não ocorreram mutações na planta. O controle branco foi realizado com a utilização de água de torneira, e, apenas dois micronúcleos foram encontrados, um número sem significância relevante. Já para a amostra experimental, foram encontrados números superiores de micronúcleos em relação ao controle positivo, formol, mostrando o quão tóxico é a água analisada e isso ocorre principalmente por conta das substâncias que são depositadas no local, como dejetos de indústrias, lixo doméstico, substâncias químicas tóxicas, entre outros, causando uma grande poluição nesse ambiente.

O presente estudo ressalta a importância do saneamento básico para o controle da poluição ambiental, como forma de melhorar a qualidade de vida dos seres vivos de uma forma geral. É de extrema importância a realização de estudos que verifiquem a toxicidade de materiais de origem antropogênica lançados no ambiente, como forma de alertar a população e às autoridades, para que seja repensada a forma como descartamos dejetos e utilizamos o meio ambiente em detrimento às outras espécies do planeta e até mesmo à nossa espécie. A realização de políticas ambientais com foco em sustentabilidade e preservação do meio é de grande valia. Sugerimos que estudos posteriores realizem levantamentos sobre estas substâncias tóxicas, no que diz respeito à sua composição química, toxicidade aos organismos vivos e local de origem.

Referências bibliográficas

1 Oga S, Camargo MMA, Batistuzzo JAO. Fundamentos de Toxicologia. 2ª ed. São Paulo: Atheneu; 2003. 382 p.
2 Ruppenthal, JE. Toxicologia. Rio Grande do Sul; 2013. 128 p.
3 Azevedo FA, Chasin AAM. As bases toxicológicas da Ecotoxicologia. São Carlos: Rima InterTox; 2003. 340 p.
4 Savoia EJL. Potencial de *Tradescantia pallida cv. Purpurea* para acumular metais pesados oriundos da poluição atmosférica particulada na região da grande ABC paulista [tese]. São Paulo: Instituto de Botânica, Secretaria de Estado do Meio Ambiente; 2013.
5 Costa CR, Olivi P, Botta CMR, Espindola ELG. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. Quím. Nova. 2008;31(7):1820-1830.
6 Queiroz JF, Silva MSGM, Hermes LC, Silva AS, Strixino ST, Egler M, et al. Organismos Bentônicos: biomonitoramento da qualidade de água [dissertação]. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente; 2008.
7 Mucelin CA, Bellini M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. Sociedade e Natureza. 2008 jun.;111-124.
8 Tometich P, Nascimento LFM. Sustentabilidade - resultados de pesquisa: do PPGA/EA/UFRGS. Rio Grande do Sul: Luís Felipe Machado; 2013.250 p.
9 Rocha AA. A poluição do Rio Tietê: a consequência de um sectário processo político. São Paulo em perspectiva. 1992 jan/jun;93-98.
10 Ribeiro AC, Frenedozo RC. Utilização dos Táxons Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) e Díptera na avaliação da qualidade da água em ambientes lóticos [monografia]. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie; 2011.
11 Savoia, EJL. Potencial de *Tradescantia pallida cv. purpurea* para biomonitoramento da poluição aérea de Santo André – São Paulo, por meio de bioensaio Trad- MCN e do acúmulo foliar de elementos tóxicos [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2007.
12 Arias ARL, Buss DF, Albulquerque C, Inácio AF, Freire MM, Egler M. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. Ciência e Saúde Coletiva. 2007;61-72.
13 Oliveira ML. Utilização de Tradescantia Pallida como bioindicador de contaminação ambiental ao longo do Rio Iguaraçu, Piauí [tese]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2014.
14 Aquino SMF, Almeida JR, Cunha RRSB, Lins GA. Bioindicadores vegetais: uma alternativa para monitorar a poluição atmosférica. Rev. Int. Ciê. 2011;1-18.
15 Pedroso ANV. Poluentes Atmosféricos e Plantas Bioindicadoras [tese]. São Paulo; 2007.
16 Ma TH. *Tradescantia* Micronucleus Bioassay and Pollen Tube Chromatid Aberration Test for in Situ Monitoring and Mutagen Screening. Environmental Health Perspectives. 1981;37(1):85-90.
17 Biasibetti L, Rosin CK, Houssaini MLTS. Morfologia Vegetal *Tradescantia Pallida Purpurea*. In: XXII Seminário de Iniciação Científica; 2014; Ijuí, Rio Grande do Sul. Ijuí: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul; 2014. p. 8.
18 Kato M, Garcia EG, Filho VW. Exposição a agentes químicos e a Saúde do Trabalhador. Rev. bras. Saúde ocup. 2007; 32(116):06-10.
19 Sampaio J, TRmea R, Marco MG, VIeira RB, Tacca JA, Stroher DJ et al. Estudo da genotoxicidade in vitro e in vivo após exposição aguda e subcrônica de extratos aquosos de *Ilex paraguariensis* A. St.–Hil obtidos por

infusão. Ver Bras de Biociências. 2012;10(04): 03-10.
20 Jeremias ACDF, Silva LC, Ogusucu R. Biomonitoramento da qualidade da água do IFC-Campus Camboriú com cebola (*Allium Cepa*) e Trapoeraba (*Tradescantia Pallida*) [monografia]. [Camboriú]: Instituto Federal Catarinense; 2014.
21 Teixeira MCV, Barbério A. Biomonitoramento do ar com Tradescantia pallida (Rose) D.R. Hunt var purpúrea Boom (Commelinaceae). Ver. Amb. e Água. 2012;07(03):279-292.
22 Pereira RD, Yaguinuma DH, Fluminhan A. Efeitos clastogênicos em *Tradescantia Pallida cv Purpurea* cultivada em solos tratados com lodos de diferentes origens. X Fórum Amb. da Alta Paulista. 2014;10(12):234-254.
23 Junior DE, Sasamori MH, Cassanego MBB, Droste A. Biomonitoring of water genotoxicity in a Conservation Unit in the Sinos River Basin, Southern Brazil, using the *Tradescantia* micronucleus bioassay. Braz. J. Biol. 2015;75(02):S91-S97.
24 Araújo ALS, Guimarães ET, Seriani R. Mutagenisis in *Tradescantia pallida* as a biomarker of the effects of water polluted with urban effluent. Holos Environment. 2014;14(1): 1-6.
25 Gonçalves GH, Bizeto L, Moura C, Rocha-Lima ABC. Bioensaio com águas dos Rios Jundiaí e Tietê no município de Salto-SP através do método Trad-MCN. Unisanta BioScience. 2019;8(1): 71-85.