

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NA CIDADE DE ALEGRETE/RS
UTILIZANDO BIOMONITORAMENTO VEGETAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MARCELO LIMA PETROCELLI

**Alegrete, RS, Brasil
2017**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NA CIDADE DE ALEGRETE/RS
UTILIZANDO BIOMONITORAMENTO VEGETAL**

MARCELO LIMA PETROCELLI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFarroupilha,RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA,RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. MSc. Lauren Morais da Silva

**Alegrete, RS, Brasil
2017**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa
Curso de Engenharia Agrícola

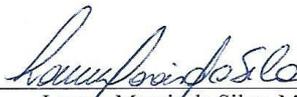
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NA CIDADE DE ALEGRETE/RS
UTILIZANDO BIOMONITORAMENTO VEGETAL**

elaborado por
MARCELO LIMA PETROCELLI

Como requisito parcial para a obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA



Lauren Morais da Silva, MSc.
(Presidente/Orientador)



Leonardo Machado Crema, Dr. (IF Farroupilha)



Maria Laura Lacava Lordello, MSc. (IF Farroupilha)

Alegrete, 30 de Novembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Quando penso em agradecimentos, são inúmeros os pensamentos e pessoas que me veem a cabeça e merecem minha total gratidão. Pois me sinto grato a tantas pessoas que me impulsionaram até esse momento e se não fosse a ajuda destas pessoas talvez minha caminhada até aqui não seria possível. Primeiramente agradeço a Deus pela fé que me mantém vivo e pelos incontáveis momentos de angústias, incertezas, fracassos e medos que presenciei ao longo de minha trajetória e que mesmo assim estava presente em meus pensamentos e no meu coração, pois nestes momentos estava me amparando e me preparando para ajudar a vencer todos estes obstáculos.

Agradeço aos meus pais Moacir Kulmann Petrocelli e Rosa Izaltina Petrocelli e ao meu avô que amo tanto Victor Hernandez de Lima, por terem investido insistentemente nos meus estudos, não apenas no valor material mas principalmente no meu apoio emocional e compreensão em momentos difíceis.

Sou grato a todos os envolvidos do Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo que foram parceiros no desenvolvimento das análises experimentais e no empréstimo do equipamento para a acumulação mecânica do material particulado durante o trabalho. Agradeço a Dr. Regiani Carvalho de Oliveira que durante nossa permanência em São Paulo, nos recebeu com muito carinho e dedicou seu tempo para nos ensinar novas técnicas e passar novos aprendizados. Meus agradecimentos a amiga e colega licencianda em Biologia Amanda Jhennifer Tâmara de Freitas pela participação ativa no desenvolvimento da pesquisa pelo apoio e todos os momentos vividos, principalmente a viagem a São Paulo que foram momentos de aprendizagem e risadas compartilhadas que jamais serão apagados de minha memória. Quero agradecer imensamente à orientadora deste trabalho, Maria Laura Lacava Lordello por suas orientações, apoio e principalmente pela confiança creditada em nós (Amanda e eu), pois além de investir em nosso aprendizado, foi uma grande incentivadora para que este trabalho fosse realizado com sucesso. Agradeço a disponibilidade do professor Lauren Moraes da Silva por me apoiar e orientar nesta etapa final do trabalho.

Por fim agradeço as colegas do curso de Engenharia Agrícola Ingrid Ayres e Juliane Silveira Fonseca por participarem das coletas das cascas de árvores. Agradeço a minha amiga Francielle Altíssimo Bortolás, por estar presente em todos os momentos da minha vida, pelos seus conselhos e ajuda neste trabalho. Sem dúvidas uma amizade pra vida toda.

Enfim, a todos os envolvidos os meus sinceros agradecimentos.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

Theodore Roosevelt

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso II

Curso de Engenharia Agrícola

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, RS, Brasil

Universidade Federal do Pampa, RS, Brasil

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NA CIDADE DE ALEGRETE/RS UTILIZANDO O BIOMONITORAMENTO VEGETAL

Autor: Marcelo Lima Petrocelli

Orientador: Lauren Moraes da Silva

Co-orientadora: Maria Laura Lacava Lordello

Alegrete, 30 de Novembro de 2017.

A concentração de poluentes suspensos na atmosfera afeta diretamente a qualidade do ar, gerando consequências ao meio ambiente e a saúde humana, estando associados ao aumento da morbidade e da mortalidade por doenças respiratórias, cardiovasculares, infecciosas e câncer de pulmão. O biomonitoramento da qualidade do ar constitui-se em um procedimento viável para o controle e melhoria da qualidade do ar. Diante da falta de formas de avaliação e de relatos orais do aparecimento de material particulado branco irritante na cidade de Alegrete/RS, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade do ar na cidade, utilizando técnicas como o biomonitoramento pela técnica do micronúcleo de *Tradescantia pallida* e a acumulação química em cascas de árvores para investigar a qualidade do ar na cidade. Os resultados do teste com *Tradescantia pallida* não mostraram diferença nem geográfica, nem temporal e a avaliação da composição química de MP acumulado em cascas de árvores indicou fontes emissoras diferentes para os pontos estudados.

Palavras-Chave: Poluição atmosférica, Qualidade do ar, Biomonitoramento.

ABSTRACT

Conclusion of course work

Course of Agricultural Engineering

Federal Institute of Education, Science and Technology Farroupilha, RS, Brazil

Federal University of Pampa, RS, Brazil

AIR QUALITY ASSESSMENT IN ALEGRETE CITY / RS USING BIOMONITORING VEGETABLE

Author: Marcelo Lima Petrocelli

Adviser: Lauren Morais da Silva

Co-adviser: Maria Laura Lacava Lordello

Alegrete, November 30, 2017.

The concentration of material in the atmosphere directly affects air quality, causing consequences to the environment and human health, being associated with increased morbidity and mortality due to respiratory, cardiovascular, infectious diseases and lung cancer. Biomonitoring of air quality is a viable procedure for the control and improvement of air quality. Due to the lack of evaluation methods and oral reports of irritating white particulate matter in the city of Alegrete / RS, the objective of the present study was to evaluate the air quality in the city, using techniques such as biomonitoring by the micronucleus technique of *Tradescantia pallida* and the chemical accumulation in tree barks to investigate the air quality in the city. The *Tradescantia pallida* test showed no results either geographic or temporally. The chemical composition of MP accumulated in bark of trees indicated different sources emitting for the points studied.

Keywords: Air pollution, Air quality, Biomonitoring.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fontes naturais e antropogênicas da poluição atmosférica.	13
Figura 2. Deposição de partículas no trato respiratório em função de seu tamanho.	14
Figura 3. Ciclo meiótico em <i>Tradescantia sp</i>	16
Figura 4. <i>Tradescantia pallida</i> (Rose) D.R. Hunt var. <i>purpúrea</i>	16
Figura 5. Mapa urbano da cidade de Alegrete/RS.....	19
Figura 6. Floreiras preparadas na Casa de Vegetação do IFFar-Alegrete.....	20
Figura 7. Floreiras de <i>Tradescantia pallida</i>	20
Figura 8. Amostras coletadas.	20
Figura 9. Procedimentos protocolados para o bioensaio TRAD-MCN.....	21
Figura 10. A) Botões florais de <i>Tradescantia pallida</i> coletados nos pontos de estudo; B) pares florais separados para análise de micronúcleos; C) célula em fase de tétrade e D) Tétrade com célula apresentando micronúcleo..	22
Figura 11. Mapa urbano da cidade de Alegrete/RS. Os números indicam os locais em que foram coletados as cascas de árvores <i>Tipuana tipu</i> para serem avaliadas na técnica de composição química elementar de FRXDE.....	23
Figura 12. Coletas das cascas de árvores <i>Tipuana tipu</i> para avaliação..	24
Figura 13. A) Amostra triturada em almofariz; B) Confecção das pastilhas; C) Pastilhas preparadas a base de boro e o pó das cascas de árvore <i>Tipuana tipu</i> trituradas e D) Aparelho EDX 700 HS utilizado para análise da acumulação de elementos químicos em cascas de árvores por FRXDE.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de tétrades e % média MCN, encontrados para as duas campanhas realizadas.	26
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Qualidade do ar	12
1.2 Poluentes Atmosféricos	12
1.2.1 Material Particulado	13
1.3 Monitoramento	14
1.3.1 Técnica do Micronúcleo em <i>Tradescantia</i> (Trad-MCN)	15
1.3.2 <i>Tradescantia pallida</i>	16
1.3.3 Técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Dispersão de Energia (FRXDE)	17
2 MATERIAIS E MÉTODOS	18
2.1 Caracterização do local de estudo	18
2.2 Definição dos pontos de estudos	19
2.3 Análises de micronúcleos em <i>Tradescantia pallida</i>	20
2.4 Análise de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Dispersão de Energia (FRXDE)	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
3.1 Tratamento estatístico dos dados	26
3.2 Técnica do MCN-TRAD	26
3.3 Técnica de FRX-DE	28
4 CONCLUSÕES	30
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
APÊNDICES	37

1 INTRODUÇÃO

O ar é um dos principais elementos que compõe a vida na Terra, sendo considerado vital para muitos seres vivos. No entanto, a qualidade do ar está cada vez mais comprometida, devido a quantidade de poluentes que são lançados diariamente na atmosfera. As mudanças climáticas tem como principal origem o aumento dos poluentes atmosféricos, provenientes das mais diversas fontes, sendo estes também os principais responsáveis por muitos problemas à saúde humana (MARTINS et al., 2002).

Alguns estudos na área de saúde respiratória apontam que pessoas que residem ou trabalham próximas às fontes emissoras de poluentes atmosféricos, estão expostas a um maior gradiente de poluentes atmosféricos e possuem maior risco atribuído de desenvolver algum tipo de doença relacionado à poluição do ar (CARNEIRO et al., 2011; HALDERMANN et al., 2010).

O monitoramento da qualidade do ar é um importante procedimento para que medidas de controle sejam adotadas visando à melhoria da qualidade de vida da população (SILVA, 2005).

No Estado do Rio Grande do Sul, o monitoramento da qualidade do ar acontece em apenas 10 municípios (Canoas, Caxias do Sul, Charqueadas, Esteio, Gravataí, Montenegro, Porto Alegre, Rio Grande, Sapucaia do Sul e Triunfo) (FEPAM, s/d), e existem aproximadamente 12.806 indústrias. No estado estão distribuídas em regiões desprovidas de monitoramento da qualidade do ar, sendo a grande maioria voltada para o agronegócio, (IBGE, 2012).

A cidade de Alegrete é o maior município do estado em área territorial, com mais de 7.800 Km². A área urbana de Alegrete ocupa aproximadamente 1,34% da extensão territorial do município, que tem sua vocação econômica ligada à área agrícola, com grande expressão para o cultivo do arroz, configurando-se entre os 10 maiores municípios produtores nacionais do grão. A cidade apresenta várias unidades consideradas emissoras de material particulado, como as unidades de beneficiamento de grãos e a usina termelétrica local, espalhadas pelo perímetro urbano.

1.1 Qualidade do ar

Segundo a Organização Mundial de Saúde (2006) (OMS) o ar limpo é considerado um dos requisitos básicos para a saúde e bem estar humano. O desenvolvimento tecnológico, que por um lado gera conforto, juntamente com o crescimento populacional, são responsáveis pelo aumento da degradação ambiental provocando mudanças na qualidade do ar de vários centros urbanos, que apresentam uma quantidade maior de substâncias nocivas aos seres vivos. Segundo MACHADO (2008), no final do século XIX, com o crescimento industrial e urbano, houve um acréscimo significativo das atividades industriais e gases veiculares. Com a qualidade do ar modificada, as consequências começaram a ser percebidas sobre a saúde humana no início do século XX, com o aumento do número de mortes em algumas cidades da Europa e Estados Unidos (OLIVEIRA, 2006).

De acordo com avaliação mundial realizada em 2012 pela OMS os poluentes atmosféricos foram responsáveis pela morte prematura de 2,6 milhões de pessoas no mundo, apresentando um acréscimo de mais de 30% em relação ao número de óbitos registrados em 2011, quando se registrou mais de 2 milhões de óbitos prematuros associados diretamente aos poluentes atmosféricos (WHO, 2014). Estima-se que até 2050 a poluição do ar por material particulado (MP) e ozônio (O₃) deva se tornar a principal causa ambiental de mortalidade prematura mundial (VORMITTAG et al., 2013).

Os efeitos agudos da poluição do ar estão relacionadas com a redução da expectativa de vida, com maior risco de arritmias, infarto agudo, bronquite crônica, asma, obesidade, câncer de pulmão (WHO, 2005). Nos dias atuais, a estimativa de mortalidade por ano que estão associados as concentrações de Material Particulado (MP) contabilizam 20.050 óbitos, e um custo anual de mortes prematuras no Brasil de US\$ 1,7 bilhão (MIRAGLIA, 2014).

1.2 Poluentes Atmosféricos

Os efeitos adversos dos poluentes atmosféricos manifestam-se com maior intensidade em crianças, idosos, pessoas portadores de doenças respiratórias e cardiovasculares crônicas e, principalmente, nos segmentos populacionais mais desfavorecidos do ponto de vista socioeconômico, a situação é mais alarmante em crianças (VORMITTAG et al., 2013). Antes mesmo de nascer, dentro do útero da mãe, já sofrem as consequências da poluição atmosférica, comprovados por estudos que demonstram retardo do crescimento intrauterino,

menor peso ao nascer, maior mortalidade intrauterina e maior mortalidade neonatal (PEREIRA et al., 1998; BRAGA et al., 2001; LIN et al., 2004).

Os poluentes atmosféricos dividem-se em duas categorias: poluentes primários (emitidos diretamente pelas fontes emissoras e como exemplos: dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2) entre outros) e poluentes secundários (são aqueles formados na atmosfera pela reação química entre poluentes primários e constituintes naturais da atmosfera, como: ácido nítrico (HNO_3), óxido sulfúrico (SO_3), ozônio (O_3), entre outros) (Figura 1).

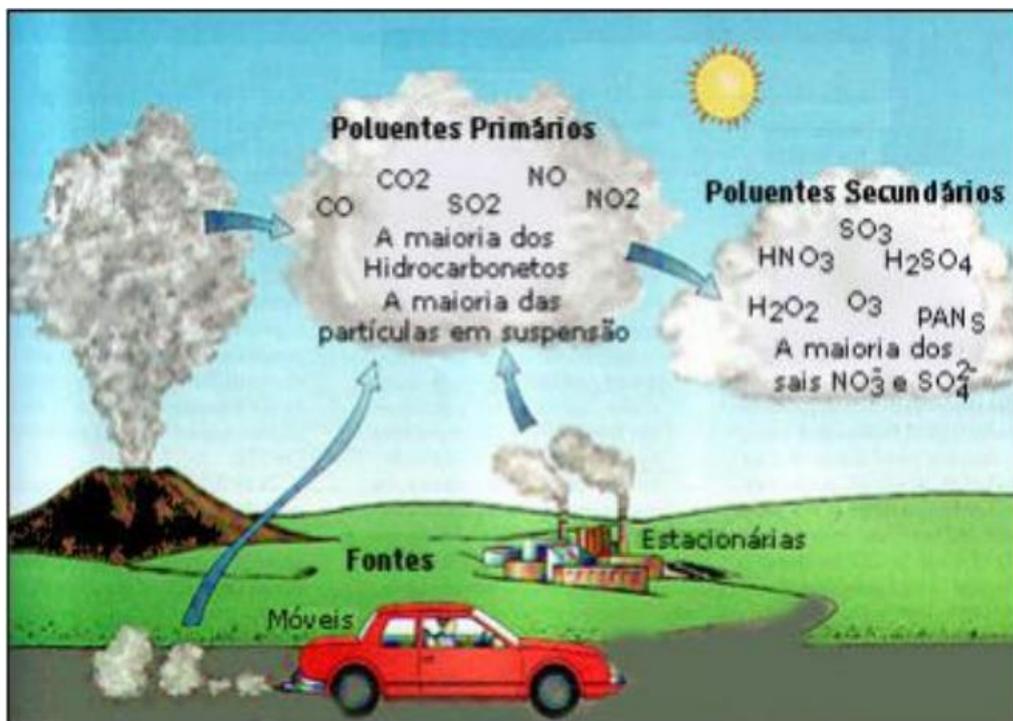


Figura 1. Fontes naturais e antropogênicas da poluição atmosférica. **Fonte:** http://www.ufrgs.br/lmqa/arquivos/uploads/dispersao_poluentes.pdf

1.2.1 Material Particulado

Material particulado (MP) é o termo utilizado para a mistura de partículas sólidas e gotas de líquidos que são encontrados na atmosfera; são cinco vezes mais finas que um fio de cabelo. São de extrema toxicidade para o meio ambiente. A composição destas partículas contém os mais diversos materiais como ácidos, sulfatos e nitratos, metais e poeiras. São divididos em duas categorias: $\text{PM}_{2,5}$ - partículas finas cujo tamanho chega até 2,5

micrômetros, encontrados em nevoeiros e fumaças; PM_{10} – partículas grossas, cujo tamanho varia entre 2,5 e 10 micrômetros, encontradas em regiões próximo a indústrias.

Para DERISIO (2012), o tamanho das partículas desempenham um papel importante nos efeitos sobre a saúde. A capacidade do material particulado fino de aumentar os efeitos dos gases no ar é um dos aspectos que contribuem para a poluição do ar por material particulado.

Segundo MAGALHÃES (2005), as partículas inaladas são filtradas através dos pelos do nariz ou retidas na garganta. Por se acumularem nas vias áreas superiores, as partículas grossas agravam doenças como asma em pessoas com problemas respiratórios.

Os efeitos da poluição na saúde mostram que a exposição ao material particulado mais fino pode causar mortes prematuras e problemas respiratórios, pois atinge as vias respiratórias inferiores (nível alveolar), onde os mecanismos de expulsão destes poluentes não são eficientes (QUEIROZ, 2007), (Figura 2).

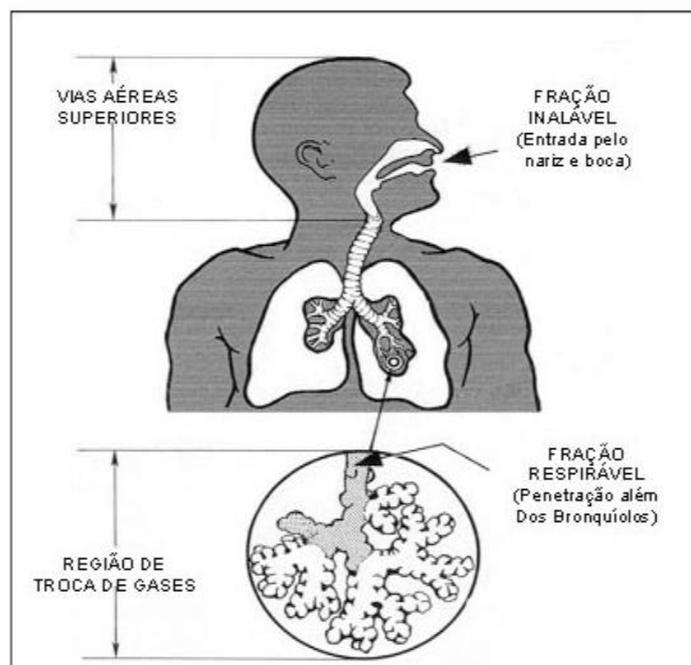


Figura 2. Deposição de partículas no trato respiratório em função de seu tamanho. **Fonte:** (US EPA) 1999.

1.3 Monitoramento

No Brasil, o monitoramento da qualidade do ar é realizado em apenas 1,7% dos municípios, sendo que 78% dos municípios monitorados estão na Região Sudeste do País (VORMITTAG et al., 2014). A técnica de biomonitoramento, que consiste em avaliar a qualidade do ar utilizando organismos vivos que respondem à poluição ambiental, tem se mostrado muito promissora, pois apresenta alto grau de sensibilidade, de disponibilidade, fácil

manipulação e baixo custo (LUIZ et al., 2005). A resposta das plantas podem ser observadas tanto em nível macroscópico, através da apresentação de cloroses, necroses, quedas de folhas ou diminuição no seu crescimento, como podem ocorrer em nível genético, como é o caso da *Tradescantia pallida* (GODINHO et al., 2009).

1.3.1 Técnica do Micronúcleo em *Tradescantia* (Trad-MCN)

É considerada uma ferramenta importante por muitos pesquisadores pela simplicidade da metodologia e suscetibilidade desta planta à exposição aos genotóxicos (MA et al., 1994; RODRIGUES et al., 1997; BATALHA et al., 1999; GUIMARÃES et al., 2000).

O teste de micronúcleo em *Tradescantia* (Trad-MCN) é eficiente para a identificação e estudo da ação de qualquer agente físico, químico ou biológico que produz efeitos tóxicos e genotóxicos, sobre o material genético.

Os micronúcleos (MN) são estruturas resultantes de cromossomos inteiros ou de fragmentos cromossômicos que se perdem na divisão celular e, por isso, não são incluídos no núcleo das células filhas, permanecendo no citoplasma das células interfásicas (HEDDLE, 1983), como mostra a Figura 3. Refletem, portanto, a ocorrência tanto de danos estruturais quanto de aneuploidia (célula apresenta seu material genético alterado) permitindo, conseqüentemente, detectar a ação de agentes clastogênicos (agentes que induzem a formação de micronúcleos) e aneugênicos (afetam a divisão celular e o aparelho fusal mitótico, resultando na perda ou ganho total de cromossomos) (EVANS, 1997).

A técnica consiste na exposição de plantas bioindicadoras nos locais de estudo para posterior análise laboratorial das mutações ocorridas no material genético das células de grão de pólen.

Este estudo pretendeu avaliar a qualidade do ar urbano de Alegrete/RS em suas diferentes regiões/bairros. A proposta deste trabalho pautou-se pela ausência de estudos que abordem a questão da qualidade urbana do ar na cidade.

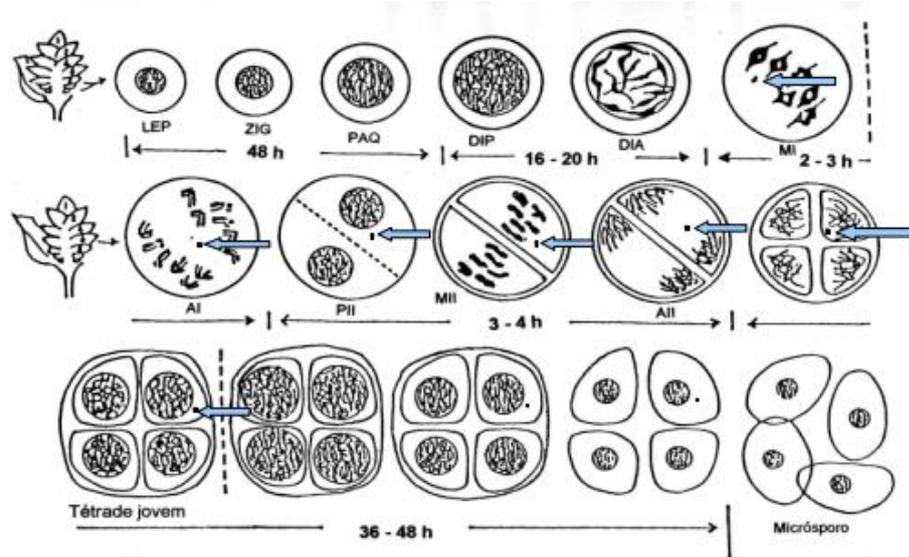


Figura 3. Ciclo meiótico em *Tradescantia sp.* As setas acima indicam presença de micronúcleos. **Fonte:** MA, 1983.

1.3.2 *Tradescantia pallida*

Popularmente conhecida como trapoeraba-roxa, coração-roxo, trapoerabão, trapoeraba e tradescantia (Figura 4), é uma planta herbácea rasteira de caule flexível de cor purpúrea, com pelos pequenos e flores de cor rosa-claro que nascem na axila das folhas terminais; adaptada a climas amenos ou quentes (SILVA, 2005). É uma cultivar nativa da América Central, utilizada em várias partes do mundo para ornamentação de canteiros, tem sido utilizada para monitorar poluição ambiental por meio do teste de micronúcleo em *Tradescantia* (BATALHA et al., 1999; GUIMARÃES et al., 2000; SUYIAMA et al., 2002; SANT'ANNA 2003; SAVÓIA 2007).



Figura 4. *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. purpúrea.
Fonte: <http://designundersky.com/dus/2008/7/2/plants-we-like-tradescantia-pallida-purpurea.html>

Para SILVA (2005), as vantagens da utilização da *Tradescantia* como bioindicador é o seu baixo custo, o que permite um grande número de amostragens, procedimento simples, eficaz e de rápida execução, facilidade na propagação e manutenção. Além deste, os cromossomos em divisão meiótica são mais sensíveis à quebra do que os cromossomos mitóticos, o que aumenta a sensibilidade e eficiência do teste.

1.3.3 Técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Dispersão de Energia (FRXDE)

Essa técnica é utilizada para determinar a acumulação de elementos traços de metais e não metais em casca de árvores. A técnica analítica instrumental de FRXDE tem sido utilizada na avaliação quali e quantitativa da composição química em vários tipos de amostras de interesse agropecuário, agroindustrial, geológico e ambiental (RICHARDSON et al., 1995), pois pode-se determinar tanto macro elementos como Cálcio e Potássio, como elementos traços, como Cobre e Chumbo, ou também elementos não-metálicos como Enxofre (RICHARDSON *et al*, 1995); é uma técnica não destrutiva, pois as amostras podem ser arquivadas e analisadas futuramente, tornando o método ideal para análises periódicas de estudos de monitoramento. Em princípio, quando um elemento quimicamente na amostra é excitado por uma radiação externa ocorre uma transição eletrônica, com emissão de energia, em conjuntos definidos para cada tipo de elemento químico, o que é analisado pelo equipamento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em parceria com o Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental (LPAE), da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP) e com o apoio do órgão ambiental local, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAM) e o Conselho de Meio Ambiente de Alegrete (CMMA-Alegrete).

A metodologia empregou a técnica do micronúcleo em *Tradescantia pallida* como teste toxicológico e a espectrometria de fluorescência de raios-X para determinar a bioacumulação de elementos traços de metais e de elementos não metais em cascas de árvores, como forma de caracterizar os tipos de fontes emissoras presentes nas regiões/bairros de estudo.

2.1 Caracterização do local de estudo

Alegrete é o maior município do estado do RS em área territorial, tem uma população estimada em 78.499 habitantes (IBGE, 2014). Está localizado na região oeste do estado, distante 506 km da capital Porto Alegre. Alegrete tem sua economia baseada principalmente no agronegócio. O clima da região é subtropical, temperado quente, com chuvas bem distribuídas e estações bem definidas. A temperatura média anual é de 18,6°C, sendo a menor temperatura registrada desde 1931 de -4,1°C e a máxima de 40,4°C. A formação de geadas ocorrem eventualmente entre maio e setembro. A umidade relativa média do ar é de aproximadamente 75% todo o ano.

O arroz é o principal produto econômico do município ocupando uma área aproximada de 57.200 hectares e obtendo uma produtividade média de 6.700 kg/ha, sendo das mais altas do País (IBGE, 2014). Em função desta atividade, a cidade de Alegrete conta com um número grande de instalações de beneficiamento de grãos, dentro e fora de sua área urbana. Vários bairros da cidade estão envolvidos, ao longo do ano, em eventos poluentes relacionados ao beneficiamento em si, bem como percebem a intensa movimentação de caminhões que fazem o transporte tanto das colheitas como a distribuição do produto beneficiado.

2.2 Definição dos pontos de estudos

No presente estudo foram escolhidos pontos da cidade de Alegrete/RS de modo a ilustrar a diversidade urbana, como áreas de fluxo intenso de veículos, locais de atividade agroindustrial, locais residenciais estritos, entre outros, como se segue: (1) Bairro Joaquim Fonseca Milano, (2) Bairro Ibirapuitã (Tractebel), (3) Bairro José de Abreu, (4) Bairro Dr. Romário, (5) Bairro Vila Prado, (6) Bairro Saint Pastous, (7) Bairro Saudade (Av. Rondon), (8) Bairro Gamino, (9) Bairro Vila Grande, (10) Bairro Vila Nova, (11) Bairro Jardim Planalto, (12) Subdistrito do Passo Novo (IF Farroupilha *campus* Alegrete), (13) Bairro Vila Piola, (14) Bairro Progresso, (15) Bairro Isabel, (16) Bairro Oswaldo Aranha e (17) Bairro Ulisses Guimarães (Figura 5).



Figura 5. Mapa urbano da cidade de Alegrete/RS. **Fonte:** Sec. de Infraestrutura de Alegrete (s/d).

2.3 Análises de micronúcleos em *Tradescantia pallida*

Para a realização desta técnica foram confeccionadas floreiras de *Tradescantia pallida* com aparas de madeiras, preenchidas com extrato vegetal comercial padronizado (terra vegetal) e fertilizante mineral misto (NPK 10/10/10). As floreiras foram mantidas na casa de vegetação do IFFar *campus* Alegrete até a completa pega das estacas de *Tradescantia pallida* (mínimo de 3 por floreira), coletadas de uma única planta-mãe (Figura 6).



Figura 6. Floreiras preparadas na Casa de Vegetação do IFFar-Alegrete. **Fonte:** SEMMAM, 2015.

Após a completa pega das mudas de *Tradescantia pallida*, as floreiras foram distribuídas nos pontos estipulados (Figura 7).



Figura 7. Floreiras de *Tradescantia pallida*.
Fonte: PETROCELLI, 2015.



Figura 8. Amostras coletadas.

A primeira coleta das inflorescências de *Tradescantia pallida* ocorreu no mês de Agosto de 2015 e segunda coleta ocorreu nos meses de Fevereiro e Março de 2016. As amostras foram identificadas e mantidas em solução Carnoy (etanol/ácido acético 3:1) (Figura 8). Para o teste, foram montadas lâminas de todas as inflorescências para as leituras dos micronúcleos na fase de tétrades. A observação foi feita no microscópio óptico, com leitura em objetiva de 400x, conforme procedimento de Godinho (2009) (Figura 9).

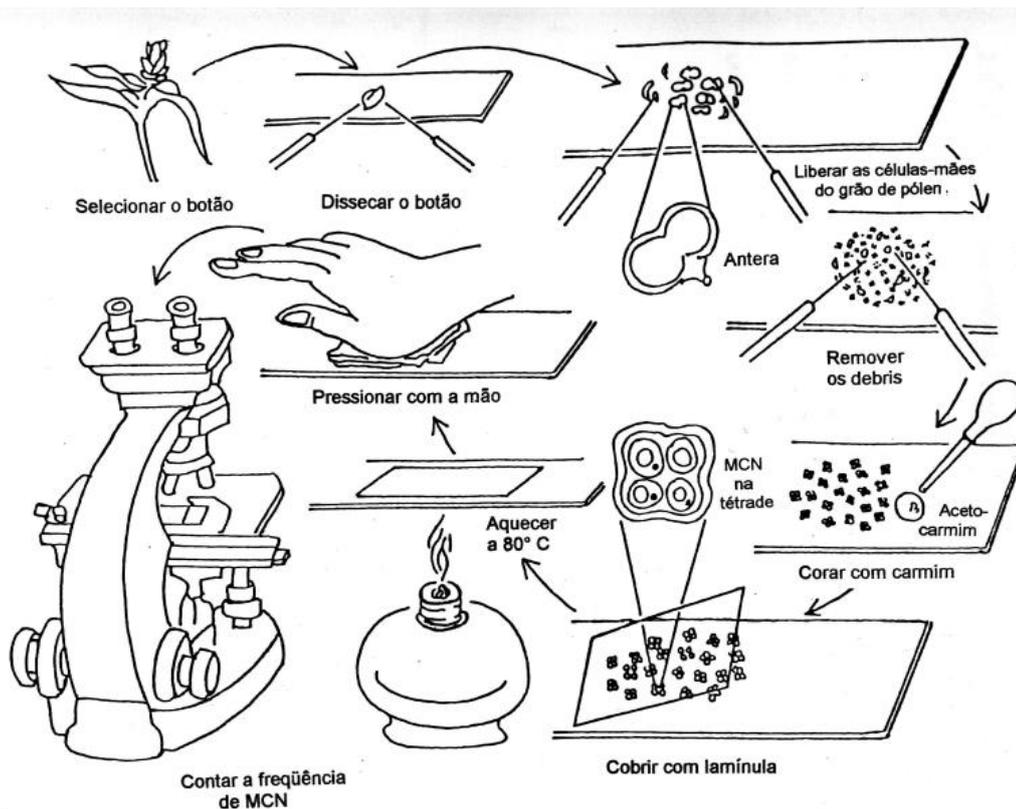


Figura 9. Procedimentos protocolados para o bioensaio TRAD-MCN. **Fonte:** GODINHO, 2009.

Para cada lâmina preparada foram contadas 300 células em fase de tétrades (Figura 10) e anotados o número de células com micronúcleos encontrados.

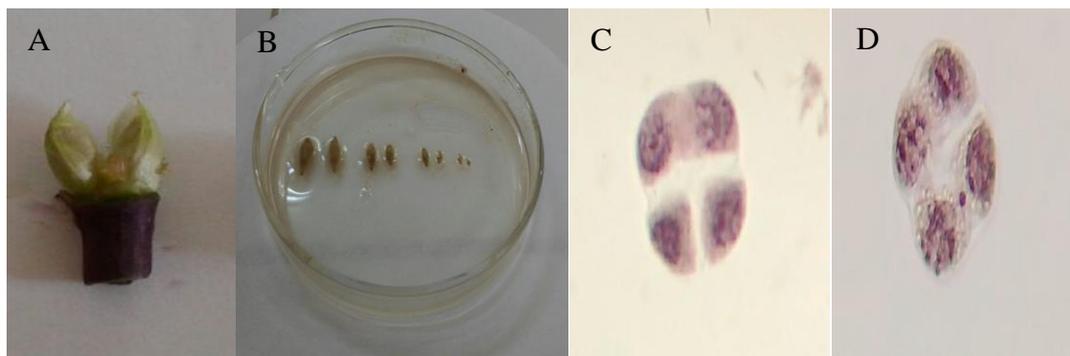


Figura 10. A) Botões florais de *Tradescantia pallida* coletados nos pontos de estudo; B) pares florais separados para análise de micronúcleos; C) célula em fase de tétrede e D) Tétrede com célula apresentando micronúcleo.

Fonte: PETROCELLI, 2016.

A frequência de micronúcleos (MCN), em cada lâmina analisada, é dada por:

$$\% \text{ MCN} = a/b \times 100$$

onde,

a = total de MCN encontrados;

b = total de tétrades analisadas.

2.4 Análise de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Dispersão de Energia (FRXDE)

A técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Dispersão de Energia (FRXDE) verifica quali e quantitativamente a acumulação química de elementos metálicos e não-metálicos em vários tipos de amostras de interesse agropecuário, agroindustrial, geológico e ambiental. Para as análises escolheu-se a espécie *Tipuana tipu*, uma árvore da família das Fabáceas, presente e bem distribuída na área urbana de Alegrete e com súber de fácil extração. As cascas foram coletadas na altura de aproximadamente 1,50m do solo (Figura 12) para evitar a contaminação por ressuspensão do solo. As coletas ocorreram durante os meses de Maio, Junho e Julho de 2015.

Foram monitorados os seguintes pontos urbanos: (1.1) Bairro José de Abreu, (1.3) Bairro Gamino, (1.4 A) Bairro Piola, (1.4 B) Bairro Piola, (1.6 A) Bairro Novo Lar, (1.6 B) Bairro Novo Lar, (1.7) Jardim Planalto, (1.10 A) Bairro Atlântida, (1.10 B) Bairro Atlântida, (1.11) Bairro Inês, (1.12 A) Bairro Saudade, (1,12 B) Bairro Saudade, (1.13 A) Bairro Prado, (1.13 B) Bairro Prado, (1.14) Bairro Progresso, (1.15) Bairro Fênix, (2.1) Bairro Grande, (2.2) Bairro Sepé Tiarajú, (2.3) Bairro Vera Cruz, (2.4) Bairro Joaquim Fonseca Milano, (2.5) Bairro Isabel, (2.6) Bairro Boa Vista, (3.3) Bairro Oswaldo Aranha, (3.5) Centro, (4.4) Bairro Nossa Sra. Conceição, (4.5 A) Bairro Ulisses Guimarães, (4.5 B) Bairro Ulisses Guimarães,

(4.6) Bairro Dr. Romário, (CONTROLE 1) Bairro Rui Ramos, (CONTROLE 2) Bairro Rui Ramos. Os pontos onde ocorreram essas coletas estão ilustrados no mapa (Figura 11). Os pontos em vermelho indicam a presença de silos/unidades de beneficiamento de sementes e a termelétrica de Alegrete.

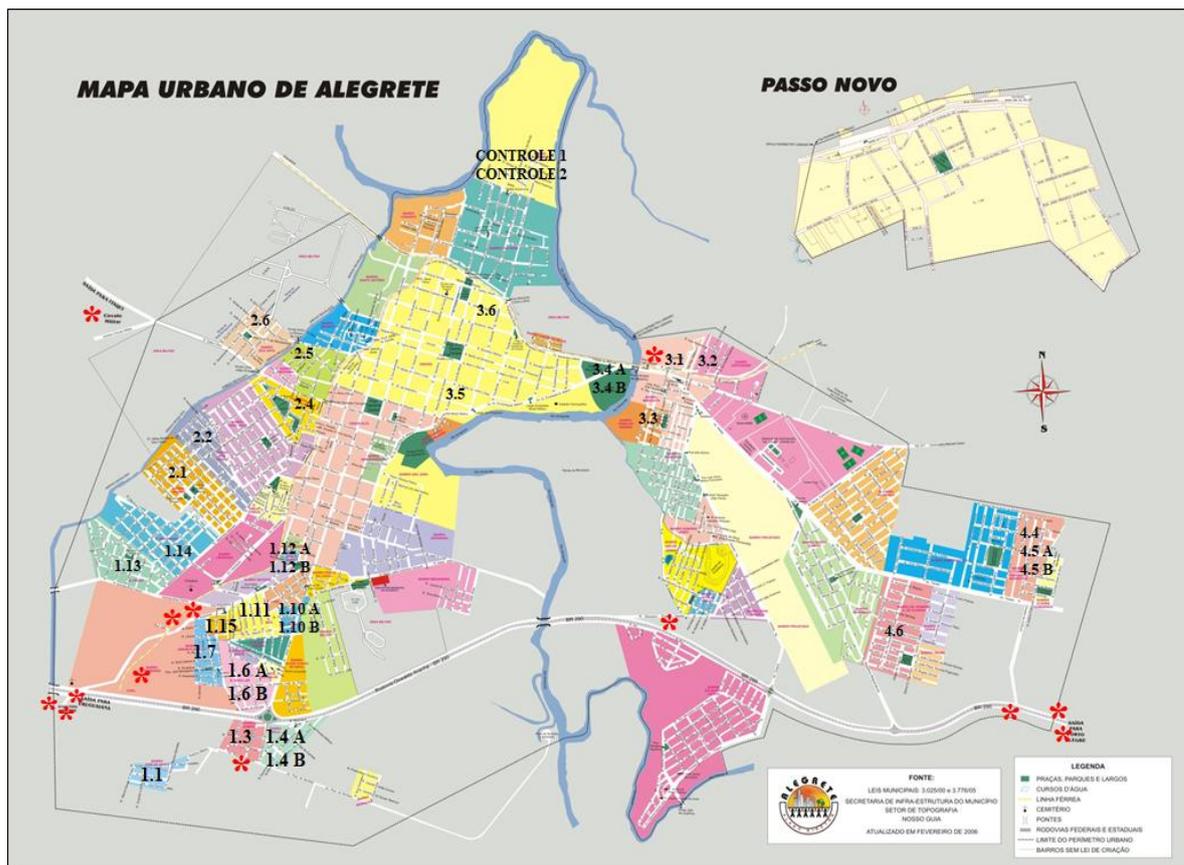


Figura 11. Mapa urbano da cidade de Alegrete/RS. Os números indicam os locais em que foram coletados as cascas de árvores *Tipuana tipu* para serem avaliadas na técnica de composição química elementar de FRXDE.

Fonte: Secretária Municipal de Infraestrutura de Alegrete (s/d).



Figura 12. Coletas das cascas de árvores *Tipuana tipu* para avaliação. **Fonte:** SEMMAM, 2013.

Após as coletas, as cascas de árvores foram limpas cuidadosamente com escovas brancas de cerdas macias, para retirada de líquens, e secas em estufa à 35°C por 24h. As amostras então identificadas e enviadas ao Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental (LPAE), para análise de FRXDE.

Utilizou-se a área mais superficial das amostras, aproximadamente 3 mm de espessura; essas amostras foram quebradas em ralador de titânio e trituradas manualmente em almofariz de ágata para obter-se partículas menores e o pó obtido foi peneirado, em uma peneira de plástico. De 0,5 a 0,6 gramas do pó foram colocados em um cilindro onde recebe um grama de ácido bórico sólido e então são prensado por 60 segundos com força de 1ton (20mPa), resultando em uma pastilha de dupla camada (amostra e ácido bórico) de 20 mm de diâmetro que é levada ao aparelho de FRXDE (Figura 13).

A determinação da composição elementar foi realizada através do método de fluorescência de Raios-X por dispersão de energia, em um aparelho da marca Shimadzu, modelo EDX-700HS (Shimadzu Corporation, Analytical Instruments Division, Kioto, Japão). O equipamento, utiliza tubo gerador de Raios-X de ródio (Rh-target tube), voltagem de 5 a 50Kv, corrente de 1 a 1000 A e um detector dos Raios-X. Para aumentar a sensibilidade da detecção da energia dispersa de raios-X, as análises serão feitas em atmosfera a vácuo e uma área da superfície das amostras de 10 mm por um período de 220 segundos para elementos de alta energia (Ti–U) e de 400 segundos para os elementos de baixa energia (Na-Sc). O Carbono, em forma de celulose é utilizado como balanço de massa, obtendo-se os resultados quantitativos com a calibração dos parâmetros fundamentais, ajustes da sensibilidade de detecção do equipamento, com uma amostra padrão certificada.



Figura 13. A) Amostra triturada em almofariz; B) Confeção das pastilhas; C) Pastilhas preparadas a base de boro e o pó das cascas de árvore *Tipuana tipu* trituradas e D) Aparelho EDX 700 HS utilizado para análise da acumulação de elementos químicos em cascas de árvores por FRXDE. **Fonte:** PETROCELLI, 2016.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Tratamento estatístico dos dados

Os resultados obtidos para o teste de MCN-Trad foram avaliados pela análise de variância (ANOVA) seguido do teste de médias. Os dados de EDX das cascas foram analisados pela Análise de Componentes Principais (ACP) para identificar fontes emissoras e teste de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) e de Barlett aplicados aos dados para atestar a ACP quanto a existência de correlações entre as variáveis (KMO) e a esfericidade da matriz (Barlett).

3.2 Técnica do MCN-TRAD

As coletas de inflorescências buscaram representar dois períodos do ano, um de menor e outro de grande atividade agrícola na cidade. A frequência de micronúcleos encontrados e o número de tétrades analisados por campanha estão apresentados na Tabela 1.

Foram descartadas as floreiras dos pontos 13 (Bairro Piola), 14 (Bairro Progresso), 15 (Bairro Isabel), 16 (Bairro Oswaldo Aranha), 17 (Bairro Ulisses Guimarães) por descuidos observados, o que não garantia a integridade e a paridade dessas floreiras para o estudo.

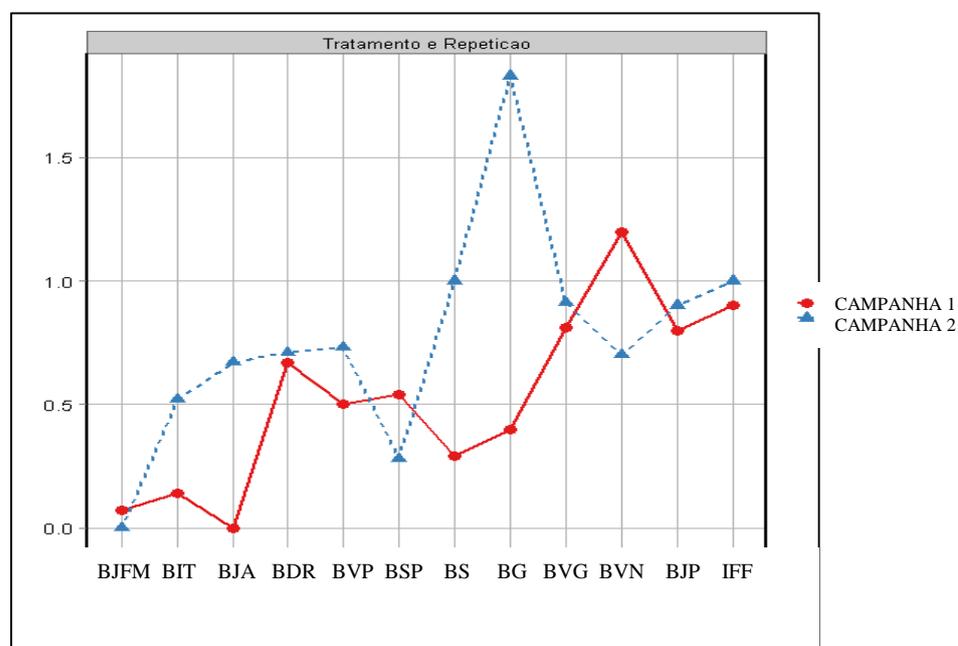
Tabela 1. Número de tétrades e % média MCN, encontrados para as duas campanhas realizadas.

LOCAIS	1ª Campanha		2ª Campanha	
	Nº tétrades	% Média MCN	Nº tétrades	% Média MCN
BAIRRO JOAQUIM FONSECA MILANO	3581	0,07	487	0
BAIRRO IBIRAPUITÃ - USINA TERMOELÉTRICA	2727	0,14	2786	0,52
BAIRRO JOSÉ DE ABREU	346	0	1012	0,67
BAIRRO DR. ROMÁRIO	1730	0,67	1810	0,71
BAIRRO VILA PRADO	1128	0,5	1340	0,73
BAIRRO SAINT PASTOUS	3292	0,54	773	0,28
BAIRRO SAUDADE	1331	0,29	2389	1
BAIRRO GAMINO	2416	0,4	3457	1,83
BAIRRO VILA GRANDE	5215	0,81	5410	0,91
BAIRRO VILA NOVA	2944	1,2	2122	0,7
BAIRRO JARDIM PLANALTO	3251	0,8	3310	0,9
IFFar/PASSO NOVO	3848	0,9	3912	1

De acordo com a análise de variância (ANOVA) e o teste de médias, não houve diferença entre os doze pontos amostrados entre si, nem em relação aos dois períodos do ano avaliados.

O Gráfico 1 apresenta a variação entre a campanha 1 e a campanha 2 de acordo com cada tratamento analisado em relação a %MCN encontrados em cada ponto.

Gráfico 1. Representação gráfica dos tratamentos analisados.



Os pontos identificados no gráfico correspondem respectivamente: BJFM – Bairro Joaquim Fonseca Milano, BIT – Bairro Ibirapuitã (Termelétrica), BJA – Bairro José de Abreu, BDR – Bairro Dr. Romário, BVP – Bairro Vila Prado, BSP – Bairro Saint Pastous, BS – Bairro Saudade, BG – Bairro Gamino, BVG – Bairro Vila Grande, BVN – Bairro Vila Nova, BJP – Bairro Jardim Planalto.

Na primeira coleta realizada, os locais correspondentes ao Bairro Vila Nova e o ponto de controle do IFFar, apresentaram diferença em relação aos demais locais de monitoramento. Para a segunda coleta, observa-se que uma tendência de aumento para o ponto Bairro Gamino. Nesse local há intenso fluxo de veículos que transitam na BR 290 e a presença de silos e unidades armazenadoras de grãos. Essa tendência de aumento está de acordo com outros autores (Monarca et al, 1999) que também observaram maior frequência de micronúcleos em plantas que foram expostas a amostras de ar coletadas em uma rua com intenso tráfego de veículos. Segundo Guimarães et al. (2000), em um estudo realizado na cidade de São Paulo em duas regiões que possuem diversas avenidas com intenso tráfego veicular, a taxa de MCN foi maior. Quando comparados os valores das campanhas 1 e 2, de respectivamente menor e maior fluxo nas atividades agrícolas, percebemos uma tendência de aumento nas taxas de MCN para a campanha 2.

Para SIMON (2012), processo de beneficiamento de grãos gera uma série de passivos ambientais, que quando lançados na atmosfera sem as devidas precauções, podem causar danos à saúde respiratória da população local, como descarga de grãos com a emissão de material particulado e geração de resíduos, expedição do produto com fluxo de caminhões gerando gases e poeiras.

Segundo Prajapati (2008), avaliou-se a interferência de indústrias e fluxo veicular em uma cidade na Índia, nos resultados observados a frequência de MCN foi relativamente maior. Para Ferreira et al. (2003), relatou-se associações entre o fluxo veicular e danos genéticos que promoveram mutações em pêlos estaminais de *Tradescantia*. Segundo Valverde et al. (2009), também encontraram associações positivas entre o fluxo veicular (movidos por diferentes tipos de combustíveis) e aborto em plantas de *Tradescantia pallida*.

As variações climáticas como precipitação e temperatura tem influência na qualidade da atmosfera (Branco, 2004). Segundo Alves et al. (2003), a direção dos ventos é outro fator importante para a dispersão dos poluentes, podendo diminuir a ocorrência de danos genéticos na planta.

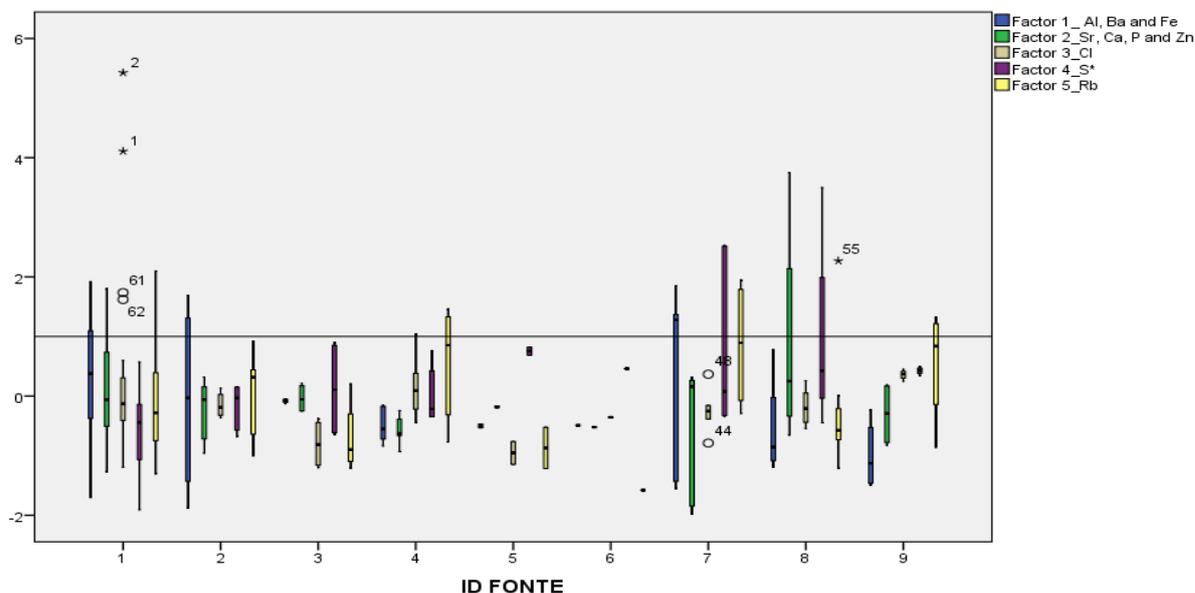
3.3 Técnica de FRX-DE

As concentrações encontradas em cada vegetal estudado, para os elementos químicos analisados, Manganês, Ferro, Cobre, Zinco, Rubídio, Estrôncio, Bário, Sódio, Magnésio, Alumínio, Fósforo, Enxofre. Cloro, Potássio e Cálcio, em ng/μg, encontram-se no Apêndice 1.

Para a identificação das possíveis fontes emissoras de MP nas regiões avaliadas da cidade aplicou-se a Análise de Componentes Principais (ACP). Os testes de KMO e Barlett foram aplicados aos dados para atestar a ACP, quanto a existência de correlação entre as variáveis e esfericidade da matriz. A variação estatística mostra que este agrupamento em cinco assinaturas químicas correspondem a uma explicação de 77.383% dos dados, que correspondem ao percentual acumulativo das variâncias.

O Gráfico 2 mostra as nove fontes poluidoras identificadas pelo conjunto de assinaturas químicas dos elementos agrupados.

Gráfico 2. Identificação das fontes emissoras de MP através de agrupamentos químicos realizados pelo teste do ACP.



O agrupamento dos locais, com suas caracterizações de possíveis fontes poluentes, e as amostras de casca *Tipuana tipu* a que se referem as análises estão listados no Apêndice 2. O agrupamento das amostras foi dado como:

- Fonte 1: locais amostrados próximos apenas silos e unidades armazenadoras de grãos;
- Fonte 2: locais amostrados próximo a silos e BR 290;
- Fonte 3: locais amostrados próximo à avenida de grande fluxo veicular;
- Fonte 4: locais amostrados sem presença de silos e sem fluxos de veículos;
- Fonte 5: locais amostrados próximo a via do frigorífico;
- Fonte 6: locais amostrados próximos ao frigorífico;
- Fonte 7: locais amostrados próximos de usina termelétrica;
- Fonte 8: locais amostrados próximo a locais com alto fluxo de veículos;
- Fonte 9: Pontos de controle.

4 CONCLUSÕES

Os resultados do monitoramento com o espécime vegetal *Tradescantia pallida* aplicados ao estudo da ação de efeitos tóxicos e genotóxicos, sobre o material genético da planta, apontaram dinâmica diferenciada quando comparados os períodos da 1ª campanha em relação a 2ª campanha. Na 1ª campanha (período de menor atividade agrícola) foi observado que o número de micronúcleos foi menor, com destaque ao Tratamento 10, Bairro Vila Nova, que apresentou maior número de micronúcleos, a justificativa é que a floreira de *Tradescantia pallida*, estava nas instalações do SENAI FIERGS Alegrete, onde são ministrados cursos profissionalizantes de solda, mecânica e eletricista, que poderiam ter efeito direto de algum tipo de particulado nesta região. Para a 2ª campanha observa-se o aumento de micronúcleos na maioria dos tratamentos analisados com destaque ao Tratamento 8, Bairro Gamino, que encontra-se próximo a BR 290 e próximo a silos e unidade de armazenamento de grãos. O aumento de micronúcleos nesta região poderá estar relacionado ao período de maior atividade agrícola, bem como o fluxo intenso de caminhões graneleiros, a descarga de grãos gerando emissão de material particulado, poeira e fumaça e também ao período de férias em que muitos motoristas aproveitam para viajar e utilizam a BR 290 para trafegar, o que indica que estes fatores puderam comprometer a qualidade do ar nesta região.

A avaliação química pelo método de fluorescência de Raios-X por dispersão de energia (FRX-DE) mostrou as concentrações químicas para Mn, Fe, Cu, Zn, Rb, Sr, Ba, Na, Mg, Al, P, S, Cl, K e Ca, e indicou nove possíveis fontes emissoras de MP, dentro das áreas avaliadas, baseado em comportamento químico similar (assinatura química). No entanto, tal técnica apresenta-se tão sofisticada que será necessário um estudo continuado para melhor compreendê-la, bem como para nomear qual(is) é(são) o(s) evento(s) responsáveis pelas emissões, ou seja, para se conhecer e indicar as fontes poluentes mais expressivas dentro da área urbana.

De forma global, o biomonitoramento, como realizado nesse estudo, não mostrou haver evento poluente expressivo no perímetro urbano de Alegrete, nos dois períodos do ano amostrados, e ainda não se pode indicar claramente quais são os empreendimentos responsáveis pelas atuais emissões de MP na cidade.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. S., PEDROSO, A. N. V., GUIMARÃES, E. T., DOMINGOS, M.; SALDIVA, P. H. N. **Biomonitoramento indoor do potencial mutagênico do ar em laboratórios e herbário do Instituto de Botânica por meio do bioensaio Trad-MCN.** Hoehnea, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 89-94, 2003.

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

BRAGA, A. L. et al., **Health Effects of Air Pollution Exposure on Children and Adolescents in São Paulo, Brazil.** *Pediatric Pulmonology*, v. 31, p. 106 - 133, 2001.

BRANCO, S. M.; MURGEL, E. **Poluição do ar.** Série Polêmica. 2 ed., Ed. Moderna, 2004. 112p.

CARNEIRO M.F.H.; RIBEIRO F.Q.; FERNANDES, F.N.; LOBO, D.J.A.; BARBOSA, F.Jr.; RHODEN C.R. 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:** v. 72, n. 2, p. 272-277, set. 2011. Disponível em: < <http://openagricola.nal.usda.gov/Record/IND44588017>>.

CETESB- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, 2000, Monitoramento da qualidade do ar no município de 144 Araraquara/SP. **Comparação entre os períodos de safra e entressafra de cana de açúcar,** 52 p.

DERISIO, C. J.; **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 4^a.ed. São Paulo: **Oficina de textos**, 2012. 224 p.

EVANS, H. J. **Historical perspectives on the development of the in vitro micronucleus test: a personal view.** *Mutation Research*, 392: 05 – 10, 1997.

FERREIRA, M. I.; RODRIGUES, G. S.; DOMINGOS, M.; SALDIVA, P. H. N. **In situ monitoring of mutagenicity of air pollutants in São Paulo City using Tradescantia-SHM bioassay.** *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 253-258, 2003.

GODINHO, M; PAIVA, A. **Tradescantia como bioindicador de poluição atmosférica.** Setembro 2009.

GLOBAL HEALTH ORGANIZATION. Air quality deteriorating in many of the world's cities. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/airquality/en/>. Acessado em: 24 de Outubro de 2015.

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

HALDERMAN, J.D. Automotive engine performance. **New York: Prentice Hall**; v. 41/55, n.70/97, p. 478-487, New York, 2010.

HEDDLE, J.A. **A rapid in vitro test for chromosomal damage.** *Mutation Research*, 18:1987-1990, 1983.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010.** 2012. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em 01 de Outubro de 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em 18 de Novembro de 2015.

ISS - Instituto Saúde e Sustentabilidade. 2013. Disponível em: <<http://www.saudeesustentabilidade.org.br/>> Acesso em 18 de Novembro de 2015.

LIN, C. A. et al. Air pollution and neonatal deaths in São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 37, n. 5, p. 765 - 770, 2004.

LUIZ, J. E. et al. **Biomonitoramento da Qualidade do Ar de Santo André com plantas da espécie *Tradescantia pallida* e a Educação Ambiental**, Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André, 2005.

MA, T. H. 1983. Tradescantia-micronucleus (Trade-MCN) test for environmental clastogenesis. In: A. R. Klover, T. K. Wong, L. D. Grant, R. S. Dewoskin & T. J. Huges (eds). **In vivo toxicity testing of environmental agents**. Plenum Press, New York, pp. 191-214.

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

MACHADO ACFE (2008) **Avaliação da viabilidade de utilização de Tradescantia pallida cv. Purpurea no biomonitoramento de fontes estacionárias de contaminação atmosférica**. Instituto de Botânica. http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/teses_dissert/teses_dissert.htm.

MAGALHÃES, C.L.; **ESTUDO DO MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO E METAIS ASSOCIADOS ÀS PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO NA CIDADE DE OURO PRETO, MG**. Dissertação de Pós Graduação, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais 2005.

MARTINS, L.C.; LATORRE, M.R.D.O.; CARDOSO, M.R.A.; Gonçalves, F.L.T.; SALDIVA, P.H.N.; BRAGA, A.L.F. **Air pollution and emergency room visits due to pneumonia and influenza in São Paulo, Brazil**. Ver. Saúde Pública. 36,88-24, 2002.

MIRAGLIA, S. G. E. K.; GOUVEIA, N. Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras. **Ciência & Saúde Coletiva**. 19 (10): 4141-4147, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v19n10/1413-8123-csc-19-10-4141.pdf>

MONARCA, S.; FERRETI, D.; ZANARDINI, A.; FALISTOCCO, E.; NARDI, G. **Monitoring of mutagens in urban air sample. Mutation Research, Amsterdam**, v. 426, n. 2, p. 189-192, 1999.

OLIVEIRA, C.R.; **Efeito da composição do material particulado fino, MP_{2,5} e “residual oil fly ash” (ROFA), como determinante do potencial mutagênico e tóxico celular: um estudo em bioensaios vegetais e animais.** Tese de Doutorado, Faculdade de Medicina de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo 2006.

PEREIRA, L. A. et al. **Association between air pollution and intrauterine mortality in São Paulo, Brazil.** Environ Health Perspect, v. 106, p. 325 - 329, 1998.

PRAJAPATI, S. K.; TRIPATHI, B. D. **Assessing the genotoxicity of urban air pollutants in Varanasi City using Tradescantia micronucleus (Trad-MCN) bioassay.** Environment International, Elmsford, v. 34, n. 4, p. 1092-1096, 2008.

QUEIROZ, M. G. P. et al. **COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DO MATERIAL PARTICULADO PRESENTE NO AEROSSOL ATMOSFÉRICO DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS, MINAS GERAIS, Belo Horizonte: Nova**, Vol. 30, No. 5, 1233-1239, 2007.

RODRIGUES, G.S.; MA, T.H.; PIMENTEL, D.; WEINSTEIN, L.H. Tradescantia bioassay as monitoring systems for environmental mutagenesis: a review . **Critical Reviews in Plant Science**, 16: 325-359, 1997.

RICHARDSON, D.H.S.; SHOREB, M.; HARTREEB, R.; RICHARDSON, R. M. The use of X-ray fluorescence spectrometry for the analysis of plants, especially lichens, employed in biological monitoring. **The science of the total environment**, 97: 105, 1995.

SANT'ANNA, E. T. G. 2003; **Poluição atmosférica urbana na cidade de São Paulo e mutagênese: avaliação dos riscos utilizando-se bioindicadores vegetais do gênero Tradescantia.** Faculdade de Medicina. Universidade de São Paulo, São Paulo. 102 p.

SAVÓIA, E. J. L. 2007. **Potencial de Tradescantia pallida cv 'Purpurea' para biomonitoramento da poluição aérea de Santo André – São Paulo – por meio do bioensaio Trad – MCN e do acúmulo foliar de elementos tóxicos.** Dissertação de Mestrado, Faculdade de Medicina de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo

SILVA, JOSELI SANTOS. **Efeitos genotóxicos em tétrades de Tradescantia pallida (Rose) D.R. Hunt var. purpúrea Induzidos por poluentes atmosféricos na cidade de Salvador – BA.2005.** f. Monografia. Universidade Estadual de Feira de Santana / BA, Feira de Santana.

Simon, Marcos Antonio e Wolff, Delmira Beatriz, **GESTÃO AMBIENTAL EM COOPERATIVA AGRÍCOLA.** Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 13, n. 1, p.p. 49-67, 2012.

SUYIAMA, F., GUIMÃRAES, E. T., LOBO, D. J. .A., RODRIGUES, G. S., DOMINGOS, M. ALVES, E. S., CARVALHO, H. A. & SALDIVA, P. H. N. 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 Medical and Biological Research** 35: 127-129.

US EPA – **United States Environmental Protection Agency.** Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air: Continuous Measurement of PM10 Suspended Particulate Matter in Ambient Air, Overview, 1999.

VALVERDE, B. T.; BRANDEBURGO, M. A. M. **Ensaio do aborto de pólen aplicado ao biomonitoramento da qualidade do ar da cidade de Uberlândia.** In: IX Encontro Interno & XIII Seminário de Iniciação Científica, Universidade Federal de Uberlândia, 2009. Disponível em: <https://ssl4799.websiteseuro.com/swge5/seg/cd2009/PDF/IC2009-0146.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2011.

VORMITTAG, E.M.P.A.; RODRIGUES, C.G.; MIRANDA, M.J.; CAVALCANTE, J.A.; COSTA, R.R.; CAMARGO, C.A.; SALDIVA, P.H.N. **Avaliação do impacto da poluição**

atmosférica no estado de São Paulo sob a visão da saúde. Instituto Saúde e Sustentabilidade, v.1, n.1, p.1-75, out. 2013. Disponível em: <http://www.saudeesustentabilidade.org.br/>.

WHO. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. **Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe, 2006.**

APÊNDICES

APÊNDICE 2

Identificação das possíveis fontes poluentes relacionadas às amostra de casca de árvore *Tipuana*.

Amostra	Local	FONTE	ID FONTE
1.1	B. José de Abreu	Silos/benef. de grãos	1
1.1	B. José de Abreu		
1.3	B. Gamino	Silos/próximo a BR	2
1.3	B. Gamino		
1.4 A	B. Piola		
1.4 A	B. Piola		
1.4 B	B. Piola		
1.4 B	B. Piola		
1.6 A	B. Novo Lar	Silos/benef. de grãos	1
1.6 A	B. Novo Lar		
1.6 B	B. Novo Lar		
1.6 B	B. Novo Lar		
1.7	B. Jardim Planalto		
1.7	B. Jardim Planalto		
1.10 A	B. Atântida	Próximo a avenida com alto fluxo de veículos	3
1.10 A	B. Atântida		
1.10 B	B. Atântida		
1.10 B	B. Atântida		
1.11	B. Inês	Sem presença de silos ou fluxos de veículos	4
1.11	B. Inês		
1.12 A	B. Saudade		
1.12 A	B. Saudade		
1.12 B	B. Saudade		
1.12 B	B. Saudade		
1.13 A	B. Prado		
1.13 A	B. Prado		
1.13 B	B. Prado		
1.13 B	B. Prado		
1.14	B. Progresso		
1.14	B. Progresso		
2.1	B. Grande	Silos/benef. de grãos	1
2.1	B. Grande		
2.2	B. Sepé Tiarajú	Sem presença de silos ou fluxos de veículos	4
2.2	B. Sepé Tiarajú		
2.3	B. Vera Cruz		
2.3	B. Vera Cruz		
2.4	B. Joaquim F. Milano		
2.4	B. Joaquim F. Milano		
2.5	B. Izabel	Próximo a rua principal do Frigorífico	5
2.5	B. Izabel		
2.6	B. Boa Vista	Próximo ao Frigorífico	6
2.6	B. Boa Vista		
3.1	TRACTEBEL	Próximo a usina Termelétrica Tractebel	7
3.1	TRACTEBEL		
3.2	TRACTEBEL		
3.2	TRACTEBEL		
3.3	B. Oswaldo Aranha		
3.3	B. Oswaldo Aranha		
3.4 A	Praça dos Patinhos	Próximo a ponte Borges de Medeiros com alto fluxo de veículos	8
3.4 A	Praça dos Patinhos		
3.4 B	Praça dos Patinhos		
3.4 B	Praça dos Patinhos		
3.5	CENTRO	Próximo ao centro da cidade com alto fluxo de veículos	8
3.5	CENTRO		
3.6	CENTRO		
3.6	CENTRO		
4.4	B. Nossa Sra. Conceição	Silos/benef. de grãos	1
4.4	B. Nossa Sra. Conceição		
4.5 A	B. Ulisses Guimarães		
4.5 A	B. Ulisses Guimarães		
4.5 B	B. Ulisses Guimarães		
4.5 B	B. Ulisses Guimarães		
4.6	B. Dr. Romário		
4.6	B. Dr. Romário		
C1	Rui Ramos	Pontos de controle	9
C1	Rui Ramos		
C2	Rui Ramos		
C2	Rui Ramos		

APÊNDICE 3

Valores de concentração média, mediana, mínimo e máximo (ng/ μ g) para os elementos químicos estudados pela técnica do EDX em casca de árvores.

Al – Alumínio				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	1.061.938	1.121.829	216.049	1.784.314
2	892.550	877.114	167.783	1.642.363
3	768.048	766.340	748.803	790.708
4	635.862	655.081	501.557	693.673
5	564.357	564.357	552.728	575.987
7	1.214.746	1.577.320	205.078	1.864.855
8	501.970	390.162	349.379	886.980
9	353.954	354.341	186.079	521.057
Ba - Bário				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	928.833	909.832	169.248	1.820.201
2	761.556	580.975	108.064	1.811.055
3	608.036	608.594	530.028	684.929
4	484.072	417.522	306.213	861.509
5	529.989	529.989	448.605	611.374
7	1.085.451	1.164.723	149.208	2.040.866
8	497.009	301.818	227.052	1.312.998
9	299.022	247.890	225.739	474.570
Fe - Ferro				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	3.364.787	2.874.653	456.063	6.441.821
2	2.656.179	2.570.338	352.536	5.062.887
3	2.642.630	2.646.028	2.616.144	2.662.321
4	2.243.952	2.244.383	1.905.538	2.623.297
5	2.417.615	2.417.615	2.367.223	2.468.008
7	2.812.303	2.846.124	421.297	4.594.528
8	1.848.930	1.268.854	1.172.257	3.671.389
9	1.420.746	1.425.633	517.076	2.314.643
Sr - Estrôncio				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	114.392	104.216	57.260	220.203
2	104.279	107.383	80.016	126.720
3	102.298	102.432	96.491	107.838
4	63.933	65.660	55.838	70.391
5	69.817	69.817	68.197	71.438
7	74.325	80.563	24.207	116.688
8	126.986	101.469	80.973	224.994
9	78.281	78.784	54.753	100.805
Ca - Cálcio				

ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	28.169.670	26.080.000	18.910.000	38.060.000
2	27.248.330	27.415.000	24.020.000	30.270.000
3	26.817.500	26.820.000	22.300.000	31.330.000
4	25.330.000	25.510.000	22.600.000	30.110.000
5	30.240.000	30.240.000	30.200.000	30.280.000
7	28.843.000	29.730.000	16.140.000	40.650.000
8	34.723.000	34.555.000	27.770.000	42.020.000
9	28.182.500	28.185.000	26.050.000	30.310.000
P - Fósforo				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	806.670	830.000	700.000	920.000
2	850.000	845.000	790.000	910.000
3	852.50	860.000	810.000	880.000
4	835.000	830.000	780.000	880.00
7	818.330	840.000	730.000	860.000
8	995.000	890.000	860.000	1.330.000
9	865.000	865.000	810.000	920.000
Zn - Zinco				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	28.792	27.190	17.926	45.954
2	26.527	27.140	22.024	30.891
3	28.381	28.190	23.151	33.994
4	25.683	22.762	20.421	33.461
5	21.117	21.117	20.551	21.683
7	27.180	22.882	18.461	41.695
8	36.148	28.167	17.707	71.529
9	22.152	21.670	18.340	26.929
Cl - Cloro				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	207.838	160.777	37.023	822.962
2	141.127	138.558	102.303	183.509
3	84.058	88.928	58.275	100.102
4	213.235	174.376	148.221	427.386
5	116.515	116.515	113.131	119.900
7	177.905	180.494	82.037	271.956
8	122.270	138.772	71.822	166.005
9	200.466	198.798	192.035	212.223
S - Enxofre				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	2.076.000	2.030.000	1.760.000	2.410.000
2	1.775.000	1.740.000	1.510.000	2.080.000
3	2.480.000	2.475.000	2.030.000	2.940.000
4	1.985.000	1.705.000	1.540.000	2.770.000

5	2.735.000	2.735.000	2.720.000	2.750.000
7	1.758.330	1.580.000	1.530.000	2.160.000
8	2.435.000	2.030.000	1.900.000	3.780.000
9	2.477.000	2.475.000	2.340.000	2.620.000
Rb - Rubídio				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	11.905	9.575	6.806	23.083
2	10.941	12.826	3.850	15.321
3	10.058	8.808	8.114	14.505
4	15.220	16.450	10.754	18.699
5	9.947	9.947	8.453	11.442
7	13.374	13.861	6.698	19.558
8	9.478	7.761	4.893	22.566
9	14.401	15.123	9.016	18.342
Mn - Mangânes				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	184.459	160.535	16.001	781.287
2	129.623	145.947	28.385	224.233
3	107.090	109.222	87.612	122.304
4	104.383	103.203	77.314	135.600
5	97.480	97.480	80.291	114.669
7	125.219	149.400	14.867	216.525
8	102.363	90.704	64.129	175.403
9	98.387	83.250	29.802	197.248
Cu - Cobre				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	4.687	4.830	3.057	6.074
2	4.795	4.800	4.656	4.935
3	5.540	5.526	5.027	6.084
4	4.825	4.865	4.455	5.134
5	5.947	5.947	5.788	6.107
7	4.770	4.615	4.219	5.605
8	5.074	5.209	4.305	5.453
9	4.717	4.710	4.637	4.811
Na - Sódio				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	10.152	9.350	0	22.646
2	11.902	10.910	6.292	23.347
3	11.643	11.933	8.632	14.074
4	12.766	12.898	6.678	17.028
5	13.809	13.809	12.509	15.110
7	12.308	10.774	3.050	22.345
8	15.326	16.128	9.922	18.535
9	17.444	20.049	8.694	20.985

Mg - Magnésio				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	3.877.330	3.845.000	2.950.000	4.750.000
2	3.461.670	3.520.000	3.180.000	3.660.000
3	3.805.000	3.820.000	3.670.000	3.910.000
4	3.673.330	3.865.000	3.360.000	3.960.000
5	3.360.000	3.360.000	3.270.000	3.450.000
7	2.713.330	2.995.000	1.940.000	3.250.000
8	3.068.750	3.220.000	2.090.000	3.780.000
9	3.667.500	3.655.000	3.550.000	3.810.000
K - Potássio				
ID FONTE	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
1	892.000	895.000	460.000	1.520.000
2	781.670	825.000	430.000	1.100.000
3	820.000	820.000	760.000	880.000
4	860.000	805.000	730.000	1.030.000
7	1.121.670	1.115.000	720.000	1.540.000
8	892.500	840.000	620.000	1.270.000
9	1.027.500	1.025.000	860.000	1.200.000