



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

BIOMONITORAMENTO EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – CAMPANHA 2009 –
EXTENSÃO PARA O VALE DO PARAÍBA

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)

Victória Tertuliana de Araújo Bellaparte Zanato (INPE, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: victoria.zanato@cptec.inpe.br

Dr^a Rauda Lúcia Mariani (DAS/CPTEC/INPE, Orientador)
E-mail: rauda.lucia@cptec.inpe.br

Julho de 2010

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido a oportunidade de poder realizar este trabalho de pesquisa. Aos meus pais e família pelo apoio e paciência. A minha orientadora Dr^a Rauda Lúcia Mariani pela orientação, carinho, apoio e paciência, aos meus colegas de trabalho e pesquisa pelo apoio.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE , ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq pelo auxílio financeiro de 1 ano.

“Nem olhos viram, nem ouvidos ouviram, nem jamais penetrou em coração humano o que Deus tem preparado para aqueles que o amam”. 1 Coríntios 2.9

A Ti Rei Jesus seja toda a Glória para sempre. Amém!!

RESUMO

A questão dos efeitos da poluição do ar na saúde torna-se cada vez mais evidente, pois há um aumento no número de estudos epidemiológicos e experimentais que comprovam a correlação entre a exposição aos poluentes atmosféricos e aumento de doenças respiratórias, cardiovasculares e alterações no sistema reprodutivo. O Vale do Paraíba, é uma região que apresenta elevado potencial para os riscos decorrentes da exposição aos poluentes atmosféricos, pois é uma região altamente industrializada com grande fluxo de veículos, e tendências à baixa dispersão atmosférica. O Biomonitoramento, através da utilização da *Tradescantia pallida*, é uma técnica alternativa para avaliação da qualidade do ar de uma região e vem sendo utilizada com sucesso desde 2007, no município de São José dos Campos. O objetivo deste trabalho é estender a utilização do biomonitoramento para analisar a qualidade do ar em todo Vale do Paraíba, incluindo uma nova técnica analítica. Os pontos de biomonitoramento foram instalados em Jacareí, São José dos Campos, Taubaté, Guaratinguetá, Lorena e Cachoeira Paulista. Nesse projeto, além da contagem de MCN, também foi utilizada a determinação da composição química do material acumulado nas folhas da *Tradescantia pallida*. A determinação da composição elementar das amostras de folhas foi feita pelo método de espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de energia (FRX-DE), em um aparelho da marca Shimadzu, modelo EDX-700HS, com utilização de amostra certificada NIST SRM 1547. As amostras foram expostas em novembro de 2009 e as coletas das inflorescências para contagem de MCN, foram feitas em intervalos semanais. Os valores médios mensais de MCN, apresentam-se próximos aos valores do background de MCN, entre 2,0 e 2,3%, nos meses de maior pluviosidade, aumentando até o final do período analisado. Para a análise da composição foliar, a coleta foi feita em março de 2010, após 4 meses de exposição. Foram coletadas de 20 a 30 folhas em cada ponto de biomonitoramento. As amostras foram lavadas, secas, trituradas e prensadas em forma de pastilhas para a análise de FRX. Foram determinadas as concentrações (em $\mu\text{g g}^{-1}$) dos seguintes elementos: V, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Mo, Cd, Hg, Pb, Ba, Na, Mg, Al, P, S, Cl, K e Ca, para cada um dos cinco pontos de amostragem. O município de Guaratinguetá, mostra uma fonte diferenciada, com as maiores concentrações em Mn, Fe, Cu, Zn, Sr, Ca, P, S e Ba, sem influenciar os municípios vizinhos.

ABSTRACT

The question of the effects of air pollution on health are becoming increasingly evident, as there are an increasing number of epidemiological and experimental studies that demonstrate the correlation between exposure to air pollutants and increases in respiratory diseases, and cardiovascular system changes reproductive. The Paraíba Valley is a region with high potential for risks from exposure to air pollutants because it is a highly industrialized region with a large flow of vehicles, and trends of the low atmospheric dispersion. The Biomonitoring, using the *Tradescantia pallida*, is an alternative technique for assessing the air quality of a region and has been used successfully since 2007, in São José dos Campos. The aim of this paper is to extend the use of biomonitoring to assess the air quality throughout the Paraíba Valley, including a new analytical technique. Points were installed in biomonitoring Jacareí, Sao Jose dos Campos, Taubaté, Guaratinguetá, Lorena and Cachoeira Paulista. In this project, beyond the count of MCN was also used to determine the chemical composition of material accumulated in the leaves of *Tradescantia pallida*. The determination of elemental composition of leaf samples was done using fluorescence spectrometry X-ray energy dispersive (FRX-DE), a unit of Shimadzu, EDX-700HS model, using certified NIST SRM 1547 sample. The samples were exposed in November 2009 and the collection of the samples for the counting of MCN were made at weekly intervals. The monthly average values of MCN, close to the values of the background of MCN, between 2.0 and 2.3% in the months of heavier rainfall, increasing until the end of the period analyzed. For analysis of leaf composition, the collection was made in March 2010, after four months of exposure. Were collected 20-30 leaves at each point of biomonitoring. The samples were washed, dried, crushed and pressed into discs for XRF analysis. The concentration (in g g⁻¹) of the following elements: V, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Se, Rb, Sr, Mo, Cd, Hg, Pb, Ba, Na, Mg, Al, P, S, Cl, K and Ca, for each of five sampling points. The municipality of Guaratinguetá, shows a different source, with the highest concentrations in Mn, Fe, Cu, Zn, Sr, Ca, P, S and Ba, without influencing the neighboring municipalities.

Lista de Figuras

FIGURA 1 – Diferentes tipos de bioindicadores.....	15
FIGURA 2 – Caracterização de um ponto de biomonitoramento, com a <i>Tradescantia pallida</i> (3 floreiras) e <i>Nicotiana tabacum</i> , sensível (vaso marrom) e resistente ao ozônio(vasopreto).....	19
FIGURA 3 Mapa de localização dos pontos de biomonitoramento no Vale do Paraíba.....	20
FIGURA 4– Detalhes do botão da <i>Tradescantia pallida</i> em (a) botão no momento correto de coleta e (b) fase pós floração.	21
FIGURA 5 –(a) Ilustração do preparo da lâmina; (b) da leitura ao microscópio e (c) detalhe do micronúcleo (MCN).....	23
FIGURA 6 – Pastilha confeccionada com folhas secas e trituradas da <i>Tradescantia pallida</i> e ácido bórico.....	24
FIGURA 7 – Fotografia do equipamento EDX 700 HS da Shimadzu.....	24
FIGURA 8: Relação entre pluviosidade e quantidade de amostras coletadas em São José dos Campos entre novembro de 2009 e junho de 2010.....	25
FIGURA 9 - Valores médios de concentração ($\mu\text{g.g}^{-1}$), de Mn, Fe e Cu para os 6 Municípios do Vale do Paraíba, referentes à coleta de folhas de <i>Tradescantia pallida</i> , após exposição de novembro de 2009 a março de 2010.....	30
FIGURA 10- Valores médios de concentração ($\mu\text{g.g}^{-1}$), de Zn, Ca e Sr, para os 6 Municípios do Vale do Paraíba, referentes à coleta de folhas de <i>Tradescantia pallida</i> , após exposição de novembro de 2009 a março de 2010.....	31
FIGURA 11 Valores médios de concentração ($\mu\text{g.g}^{-1}$), de P, S e Ba para os 6 Municípios do Vale do Paraíba, referentes à coleta de folhas de <i>Tradescantia pallida</i> , após exposição de novembro de 2009 a março de 2010.....	32
FIGURA 12 Valores médios de concentração ($\mu\text{g.g}^{-1}$), de Cl, K e Al para os 6 Municípios do Vale do Paraíba, referentes à coleta de folhas de <i>Tradescantia pallida</i> , após exposição de novembro de 2009 a março de 2010.....	33

FIGURA 13 Valores médios de concentração ($\mu\text{g.g}^{-1}$), de Rb, Mg e Na para os 6 Municípios do Vale do Paraíba, referentes à coleta de folhas de *Tradescantia pallida*, após exposição de novembro de 2009 a março de 2010.....34

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Relação de elementos micronutrientes e respectiva concentração média para plantas superiores.....17

Tabela 2: Valores médios mensais de % de MCN para os 6 Municípios do Vale do Paraíba – SP até o mês de março de 2010.....26

Tabela 3: Valores de média e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$), para as concentrações dos elementos analisados nas folhas da *Tradescantia pallida* para os Municípios do Vale do Paraíba. Resultados referentes a coleta após exposição de nov de 2009 a mar de 2010.....29

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO

1.1 Histórico do trabalho.....8

1.2 Objetivos.....10

2.FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Processos de poluição atmosférica.....10

2.1.1 Fontes de poluição atmosférica.....11

2.1.2 Condições meteorológicas12

2.2 Bioindicadores vegetais.....13

2.3 Toxicidade de metais nas plantas.....15

2.4 Efeitos da poluição na saúde.....17

3.MATERIAIS E MÉTODOS

3.1.Descrição e localização dos pontos de Biomonitoramento.....18

3.2. Metodologia de coleta das amostras.....20

3.2.1 Quantificação de micronúcleos.....20

3.2.2. Determinação da composição foliar.....21

3.3 Metodologia analítica.....22

3.3.1 Procedimento para a análise do Bioindicador22

3.3.2 Espectrometria de Raios X.....23

4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Concentração de Micronúcleos.....25

4.2 Concentração foliar.....27

5.CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 36

1.INTRODUÇÃO

1.1 Histórico do trabalho

A *Tradescantia pallida* vem sendo utilizada como biomonitor da qualidade do ar em São José dos Campos desde 2006. Minha participação no projeto “Caracterização da qualidade do ar em São José dos Campos”, como bolsista de Iniciação científica, teve início em julho de 2007.

O biomonitoramento é uma metodologia alternativa para avaliação da qualidade do ar de uma região. É uma técnica que permite avaliar áreas extensas, pois devido ao baixo custo operacional pode-se utilizar um maior número de amostragens. As respostas das plantas ao grau de poluição a que estão submetidas podem ser observadas através do acúmulo de elementos tóxicos nas folhas e também pelas alterações genéticas apresentadas. É uma metodologia bastante utilizada, com padronizações nacionais e internacionais (KLUMPP et al, 2004; CARRERAS et al, 2006; SANT’ANNA 2003).

O trabalho tem sido desenvolvido em formas de campanhas anuais, sendo este relatório referente à Campanha 2009 (atividades desenvolvidas entre agosto de 2009 e junho de 2010). As campanhas, ao longo desses três últimos anos foram sendo modificadas, através de alterações nos locais onde as plantas são expostas e, neste último ano, além de novos pontos de coleta, uma nova metodologia analítica também foi introduzida. Essas alterações foram feitas principalmente em função das diferentes parcerias institucionais necessárias para o desenvolvimento do projeto.

A campanha 2006 foi feita em vinte e nove pontos do Município de São José dos Campos, em parceria com a Secretaria Municipal de Educação e da Saúde, quando tivemos a participação de treze Escolas, oito Unidades Básicas de Saúde (UBS) e outras oito Instituições Municipais. A campanha 2007 contou com a parceria da Fundhas, que colaborou na reprodução das espécies e deu apoio para exposição das

plantas em vinte de suas unidades, com participação de aproximadamente dois mil alunos do Ensino Médio e Fundamental. A campanha 2008 manteve dois pontos em São José dos Campos, um no Inpe e outro na Univap e aplicou o biomonitoramento em mais cinco pontos no Município de Ilhabela, com a participação de uma Escola de Ensino Médio e Fundamental.

Em 2009, foi aprovado o projeto “Caracterização do risco ambiental no Vale do Paraíba – SP, submetido através do Instituto Nacional de Análise Integrada do Risco Ambiental (INAIRA), no Edital N° 15/2008 – MCT/CNPq, sob coordenação do prof Paulo Hilário Saldiva, da Faculdade de Medicina da USP. O Inpe entrou como Instituição parceira responsável pelos trabalhos desenvolvidos no Vale do Paraíba, e um dos objetivos nesse projeto foi a expansão do biomonitoramento para cinco Municípios no Vale”. Assim sendo, à campanha de 2009, foram acrescentados, a partir de outubro de 2009, mais 8 pontos de biomonitoramento em outros 5 Municípios e, também a introdução de uma nova metodologia para determinação de elementos traço acumulado nas folhas da *Tradescantia pallida*. Essa metodologia utiliza a espectrometria de fluorescência de raios-X por dispersão de energia (EDR-FRX) que possibilita a determinação tanto de macro elementos como cálcio e potássio como elementos traços como cobre e chumbo e elementos não metais como enxofre, numa mesma análise com preparo rápido e simplificado de amostras vegetais.

A avaliação da qualidade do ar no Vale do Paraíba é importante pois é uma região com uma população de 2.221.420 habitantes no ano de 2006, SEADE (2010); situada entre os dois maiores pólos industriais do País e situação geográfica com tendências a fracos movimentos de dispersão atmosférica. Apesar disso, a avaliação da qualidade do ar é feita por uma única estação de monitoramento localizada em São José dos Campos. Essa estação disponibiliza dados contínuos de concentração de dióxido de enxofre (SO₂), material particulado (PM10) e ozônio (O₃). Os dados revelam constantes ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar estabelecidos para o ozônio e níveis crônicos de exposição desse poluente (elevada frequência de dias com concentrações de ozônio superiores a 120 µg.m⁻³), que é sabidamente prejudicial à saúde humana e ao ambiente. Não existe no município um estudo que relacione os diferentes efeitos da poluição na saúde, principalmente os efeitos da exposição prolongada a níveis consideráveis de poluição.

1.2 Objetivos

A proposta deste trabalho é dar continuidade ao programa de biomonitoramento da qualidade do ar em São José dos Campos, e estender a utilização do biomonitoramento para analisar a qualidade do ar em todo Vale do Paraíba. A expansão, nessa fase, compreende a instalação em Jacareí, Taubaté, Guaratinguetá, Lorena e Cachoeira Paulista. Nesse projeto, além da contagem de MCN, também foi utilizada a determinação da composição química do material acumulado nas folhas da *Tradescantia pallida*, incluindo uma nova técnica analítica ao projeto.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Principais processos de poluição atmosférica

A Lei 6.938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente) define o conceito de meio ambiente como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. Para se entender o conceito de poluição, é essencial entendermos primeiro o conceito de meio ambiente. A lei 6.938/81 estabelece uma definição para a poluição, e a caracteriza como: “a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos; “

A poluição é produzida através da ação do homem (antrópica) e está diretamente relacionada com os processos de industrialização e urbanização da humanidade. Esses são os dois fatores contemporâneos que podem explicar claramente os atuais índices

de poluição, principalmente, porque o desenvolvimento vem se intensificando, sem um planejamento adequado ou uma política de crescimento sustentável e compatível com a realidade global.

Os contaminantes do ar podem ter um efeito sobre a saúde e o bem estar dos seres humanos. Podem também afetar as plantas, os animais e materiais como metais, construções civis. Os poluentes atmosféricos são classificados pelo seu estado físico em: particulados e gasosos e estes em orgânicos e inorgânicos. Entre os principais contribuintes para as emissões de particulados estão os processos e operações industriais vinculados a atividades da construção civil, mineração e queimadas. Já os transportes e a indústrias em geral são as principais fontes de poluentes gasosos. Os poluentes também podem ser classificados como primários ou secundários. Os primários, considerados como principais, são emitidos diretamente na atmosfera. Monóxido de carbono (CO), material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO e NO₂) e hidrocarbonetos (HC) são exemplos de poluentes primários. Os poluentes secundários, igualmente poluidores, são formados por reações fotoquímicas envolvendo alguns dos poluentes primários e os constituintes naturais da atmosfera. O ozônio (O₃) é um exemplo de poluente secundário.

A medição da qualidade do ar é restrita a um número de poluentes definidos em função de sua importância e dos recursos disponíveis para seu acompanhamento. O grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar, adotados universalmente e que foram escolhidos em razão da frequência de ocorrência e de seus efeitos adversos, são: material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NO_x) (WHO 2006).

2.1.1 Fontes de poluição atmosférica

A atmosfera pode ser considerada como um local onde, permanentemente, ocorrem reações químicas. Ela absorve uma grande variedade de sólidos, gases e líquidos provenientes de fontes, tanto naturais como produzidas por ação antrópica, que podem se dispersar, reagir entre si, ou com outras substâncias já presentes na atmosfera. As fontes que emitem poluentes atmosféricos podem ser classificadas também como

fontes móveis (transportes, por exemplo) ou fontes fixas (produção industrial, extração mineral e produção agrícola).

A poluição por fontes naturais é originada por fenômenos biológicos e geoquímicos. Entre as fontes naturais podemos apontar o solo, a vegetação (polinização), os oceanos, vulcões e fontes naturais de líquidos, gases e vapores, descargas elétricas atmosféricas, etc. Quanto às fontes antrópicas, temos o ser humano que, através da atividade industrial e urbana, emite resíduos na atmosfera, de forma incontrolada e constante em amplas zonas do planeta. Mais de 65 mil produtos químicos, provenientes de uma variedade de atividades antrópicas são lançados diariamente na atmosfera (ALVES, 2005). As fontes industriais compõem uma gama de fatores, como a quantidade e qualidade de poluentes emitidos, o tipo e concentração do poluente expelido, as matérias primas utilizadas, os combustíveis envolvidos no processo, o produto fabricado, o processo e suas operações e também o grau de cautela contra a poluição. Outra fonte antrópica de grande importância é a emissão veicular que atualmente são consideradas as maiores fontes de poluição no ambiente urbano.

2.1.2 Condições meteorológicas

Situações meteorológicas distintas, mas com idênticas produções de poluentes, podem apresentar concentrações atmosféricas completamente diferentes, devido a influência das condições da atmosfera. O regime dos ventos, a umidade do ar, a radiação solar, a temperatura ambiente, a opacidade, a estabilidade atmosférica, a altura da camada de mistura e a ocorrência de chuvas são alguns fatores climáticos locais, que podem interferir no tempo de permanência dos poluentes na atmosfera. Em situações de calma, por exemplo, ocorre estagnação do ar, proporcionando, um aumento nas concentrações dos poluentes. A temperatura do ar constitui um parâmetro de interesse para o estudo da dispersão de poluentes. Temperaturas mais elevadas conduzem à formação de movimentos verticais ascendentes mais pronunciados (convecção), gerando um eficiente arrastamento dos poluentes localizados dos níveis mais baixos para os níveis mais elevados. Por outro lado, temperaturas mais baixas não induzem aos movimentos verticais termicamente induzidos, o que permite a manutenção de poluentes atmosféricos em níveis mais baixos. A estabilidade atmosférica é que determina a capacidade do poluente de se expandir verticalmente (HELENE, 1994).

Em situações estáveis na atmosfera, cria-se uma barreira ao deslocamento vertical dos poluentes. Quando ocorre o fenômeno da inversão térmica, a capacidade de dispersão fica bem limitada. A inversão térmica acontece quando uma camada de ar quente se instala acima de camadas mais frias próximas da terra. Em geral, a atmosfera esfria na medida em que aumenta a altitude, porém devido ao movimento das massas de ar ou pelo tipo de incidência dos raios solares sobre a Terra, ocorre o fenômeno da inversão térmica; e com ele, todos os poluentes que estão presentes no ar e mais próximos do solo ficam ali confinados. A dispersão dos poluentes, neste caso, dependerá do regime do vento (HELENE, 1994). A qualidade do ar de uma determinada região, não é reflexo somente do somatório das emissões diárias, mas pode ser acumulada pelas condições atmosféricas e efeitos do transporte de outras regiões, ou sofrer dispersão.

Padrão de qualidade ambiental é um limite legal, abaixo do qual considera-se como condição aceitável em relação aos impactos ao meio ambiente. O estabelecimento de limites de tolerância aos níveis de contaminação atmosférica é necessário para assegurar à comunidade uma condição de ar que não represente riscos à saúde e que não comprometa a qualidade de vida. Assim, o estabelecimento de padrões serve de referência quantitativa para realização de balanços entre o total de emissões de poluentes, sujeito as variáveis de dispersão (concentração local), e os níveis aceitáveis (padrões), determinando a necessidade ou não do controle.

Através da Portaria Normativa no348 de 14/03/90 o IBAMA estabeleceu os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar, ampliando o número de parâmetros anteriormente regulamentados em 1976. Estes padrões foram submetidos ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em 28/06/90 e transformados na Resolução CONAMA nº03/90, e estão disponíveis nos relatórios da CETESB(2008) e também já foram discutidos nos relatórios anteriores (ZANATO et al 2008 e ZANATO et al 2009)

Não há padrões nacionais para a concentração de metais no ar, exceto para chumbo inorgânico, para o qual o Estado de São Paulo adota, desde 1999 o mesmo valor utilizado pela U S Environment Protection Agency – EPA, igual a $1,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ – média trimestral com coleta em amostrador de grande volume (CETESB, 2006).

2.2 Bioindicadores vegetais

O Biomonitoramento é uma técnica que permite avaliar a qualidade do ar em áreas extensas, utilizando organismos vivos que respondem à poluição ambiental alterando suas funções ou acumulando toxinas. As respostas 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* popularmente conhecida como coração roxo. Essa espécie pode indicar o grau de concentração de poluentes oxidantes, através da contagem dos micronúcleos (mutações genéticas) que são separados (.refugados.) pelas células mães de grãos de pólen, caso a planta esteja sob efeitos de poluentes. Ou seja, o número de micronúcleos separados na célula é proporcional á concentração de poluentes.

Além da *Tradescantia pallida*, existem outros tipos de bioindicadores vegetais, como é o caso dos líquens, fungos, raiz de cebola e nicotiana tabacum como ilustrado na figura 1. Pesquisas revelaram a utilização de 112 espécies vegetais, sendo 64 espécies pertencentes à divisão Angiospermae; 11 espécies da divisão Coniferophyta; 22 espécies de líquens e 15 espécies de musgos, relacionadas ao monitoramento de um ou mais dos seguintes poluentes atmosféricos: metais pesados, ozônio, material particulado, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, fluoretos, compostos orgânicos voláteis e hidrocarbonetos (CARNEIRO, 2004).

O uso de bioindicadores é vantajoso em relação ao uso de métodos convencionais de avaliação da qualidade ambiental, pois apresenta baixo custo operacional, e também por poder resgatar informações em um passado histórico, por terem a capacidade de acumulação, capacidade não presente em métodos convencionais.

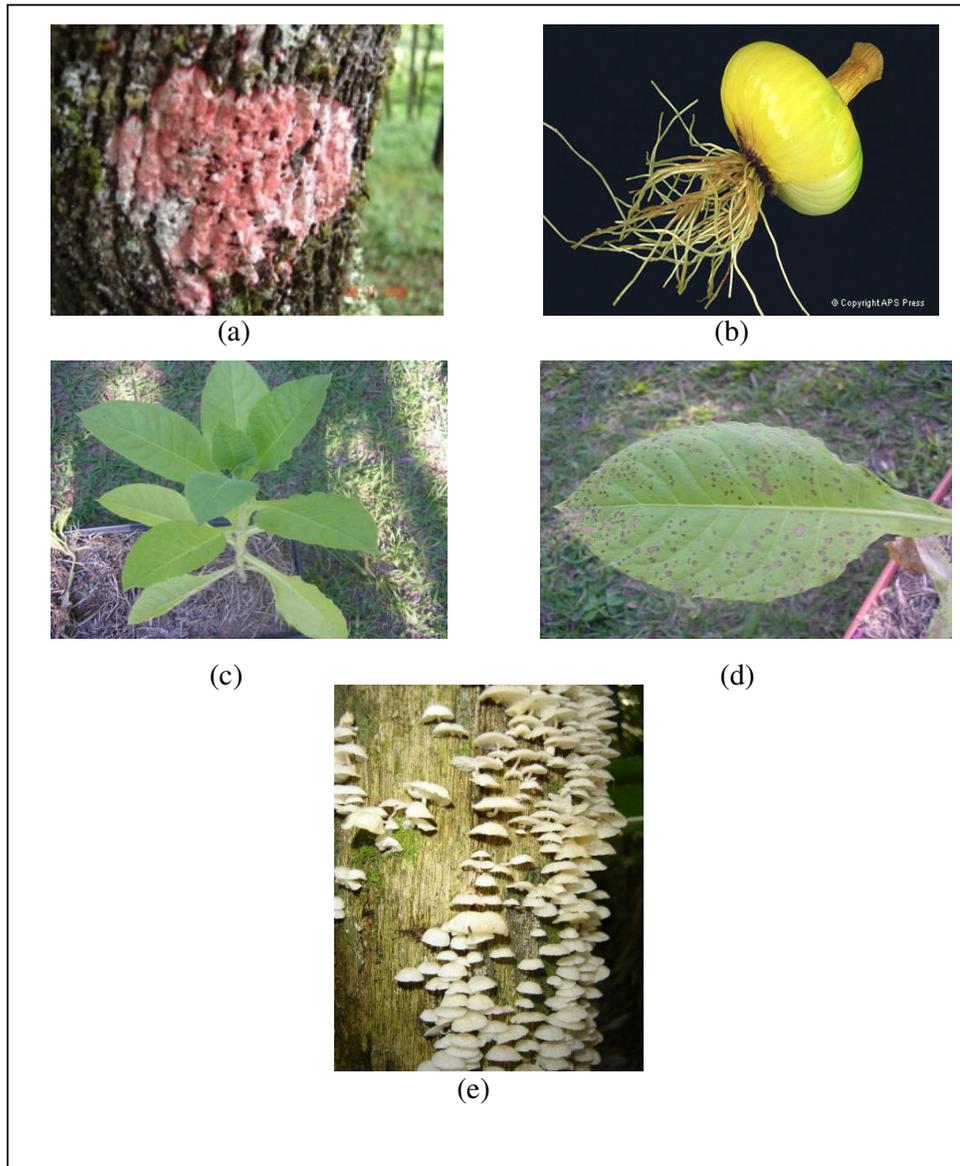


FIGURA 1 – Diferentes tipos de bioindicadores

2.3 Toxicidade de metais nas plantas

A aquisição de compostos químicos realizados por um organismo para suprir o seu metabolismo é chamada de nutrição. O metabolismo compreende os processos pelos

quais os compostos químicos (nutrientes) são utilizados para o crescimento e manutenção do ser. Os nutrientes podem, principalmente, ser convertidos em material celular ou serem usados como fonte de energia. As plantas, geralmente autotróficas, que produzem seu próprio elemento, não dependem do fornecimento de compostos ricos em energia produzidos por outros organismos, como é o caso das plantas heterotróficas.

A nutrição das plantas é dividida entre orgânica e inorgânica. A primeira se refere à aquisição de carbono, oxigênio e hidrogênio, provenientes da atmosfera e da água, via fotossíntese e a nutrição inorgânica, também chamada mineral, se refere aos demais elementos que geralmente são absorvidos do solo. A composição média de uma planta consiste em 85% em água; 15% é de matéria seca e 1,5% são elementos minerais (-C, H e O). Em função do tipo de análise, praticamente todos os elementos químicos naturais podem ser encontrados nas plantas, todavia, a presença de elementos químicos na matéria seca de uma planta não é um indicador das necessidades quantitativas e qualitativas dos diferentes elementos químicos para a planta fotoautotrófica. A tabela 1 mostra a relação de micronutrientes para as plantas superiores e a correspondente concentração média. (ABREU JUNIOR, 2007).. Os elementos essenciais às plantas, quando estão em excesso causam danos às suas estruturas e desenvolvimento, ao passo que o mesmo elemento que pode ser tóxico em altas concentrações, quando totalmente ausente também pode ser essencial as plantas.

Toxidez é a manifestação externa de anormalidade que pode ser causada por qualquer elemento essencial (macro ou micronutriente), benéfico ou tóxico. Elementos tóxicos são prejudiciais às plantas e não se enquadram nas classes de essencial e benéfico.

Tabela 1 – Relação de elementos micronutrientes e respectiva concentração média para plantas superiores.

Elementos	Concentração média (mg.kg)
Boro	20 (30-50)
Cloro	100
Cobre	6 (5-20)
Ferro	10 (50-100)
Manganês	50 (20-100)
Molibdênio	0,1 (0,1-10)
Níquel	0,1 (0,1-1)
Zinco	20 (20-50)

2.4 Efeitos da poluição na Saúde

A contaminação do ar tem um efeito direto sobre a saúde humana. Em casos extremos até a morte em função do excesso de indústrias concentradas em locais com características geográficas e meteorológicas que propiciam a concentração de poluentes. Com o grande boom da Revolução Industrial em meados do século XVIII, inicia-se um período na história mundial de problemas na saúde humana devido a poluição. No século XX, os centros urbanos tornaram-se maiores e mais populosos, marcados pelo uso intenso e crescente de veículos automotores com isso tornaram-se

mais frequentes os episódios críticos de poluição do ar, levando a população a muitos casos de mal súbito e até ao óbito. Um dos casos, entre muitos que despertou o interesse do meio científico sobre os efeitos da poluição na saúde humana, ocorreu na Bélgica, no Vale do Rio Meuse, de 1º a 5 de dezembro de 1930, quando uma espessa névoa cobriu essa zona industrial e a população foi acometida por sintomas como tosse, dores no peito, dificuldade de respirar, irritação na mucosa nasal e nos olhos.

A exposição a poluentes do ar pode causar efeitos agudos (curto prazo) e crônicos (longo prazo) na saúde. Normalmente os efeitos agudos são imediatos e reversíveis quando cessa a exposição ao contaminante. Os efeitos agudos mais comuns são irritação nos olhos, dores de cabeça e náuseas. Os efeitos crônicos demoram a se manifestar, porém tendem a ser irreversíveis. Os efeitos crônicos na saúde incluem a diminuição da capacidade pulmonar e câncer nos pulmões. Em relação à saúde humana, o sistema respiratório é o mais prejudicado.

Segundo pesquisas realizadas pelo Departamento de Medicina Preventiva - FM/USP e o Instituto de Medicina Social - UERJ, associações com internações de idosos por doenças respiratórias foram analisadas, como resultado obteve-se um aumento de aproximadamente 2% nas internações associadas com aumentos no PM_{10} , 10% para o SO_2 e 3% para o CO. Além disso, o CO mostrou-se associado às mortes em idosos por pneumonias, com um incremento de até 30% nas mortes por esta causa específica. As doenças cardiovasculares, mais importantes causas de morbimortalidade nos dias atuais, principalmente entre aqueles maiores de 65 anos, também apresentaram associações estatisticamente significantes com os poluentes, tanto nas hospitalizações quanto para a mortalidade (GOUVEIA et al, 2005)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição dos pontos de Biomonitoramento

Consideramos um ponto de biomonitoramento como a exposição de 3 floreiras contendo a espécie *Tradescantia pallida* e 2 vasos com a *Nicotiana tabaco*, um com a espécie Sensível ao ozônio e outro vaso com espécie de *Nicotiana tabaco*, não sensível, isto é, resistente ao ozônio, como mostra a FIGURA 2.



FIGURA 2 – Caracterização de um ponto de biomonitoramento, com a *Tradescantia pallida* (3 floreiras) e *Nicotiana tabacum*, sensível (vaso marrom) e resistente ao ozônio (vaso preto).

O biomonitoramento, desde 2006, tem uma proposta de desenvolvimento conjunto de Educação Ambiental, procurando, sempre que possível instalar as floreiras em Escolas ou locais de divulgação das ciências ambientais e princípios de desenvolvimento sustentável. Assim sendo, na grande maioria dos casos a instalação das floreiras é a finalização de todo um processo de conscientização e engajamento ao projeto, e ao mesmo tempo um marco para início das atividades. O projeto é apresentado à comunidade através de palestras e oficinas para o repasse das técnicas, quando há o interesse de professores e alunos das Escolas que recebem o projeto.

De acordo com o relatório parcial apresentado em fevereiro de 2010, o projeto de Iniciação Científica referente à campanha 2009, se restringiria à coleta e análise em 5 pontos de biomonitoramento, nos seguintes Municípios: em São José dos Campos no Inpe; em Taubaté no campus da Unitau; em Cachoeira Paulista no INPE; em Lorena na Unisal; em Guaratinguetá na Casa Ambiente e Saúde; e em Jacareí na Escola Agrícola Municipal, de acordo com a FIGURA 3. Além desses pontos também foram implantados dois pontos em duas Escolas de Taubaté, no bairro da Estiva e no Bairro do Aeroporto, onde foram feitas palestras para os alunos e treinamento para os

ácido acético (3:1) em um coletor universal, por um período mínimo de 24 horas, até o momento da análise.

A quantidade de inflorescências coletadas em cada ponto, depende do número de visitas ao ponto. Há um momento ideal de coleta, isto é o botão não pode ser muito pequeno, pois ainda não será possível encontrar a fase de tétrades e nem pode estar florido, pois a fase ideal para contagem de MCN já passou. A figura 4 mostra em (a) o botão no momento correto para coleta e (b) a fase pós-floração. Para não haver perdas de amostras, os pontos são visitados pelo menos 3 vezes na semana e todas as inflorescências são reunidas num só pote semanal. A quantidade de inflorescências recolhidas depende também da sazonalidade: no período das chuvas a produção é maior e no período seco, observa-se uma espécie de hibernação da planta e acentuada queda na produção de inflorescências.



FIGURA 4– Detalhes do botão da *Tradescantia pallida* em (a) botão no momento correto de coleta e (b) fase pós floração.

3.2.2. Para determinação da composição foliar

A metodologia de coleta para determinação da concentração foliar por fluorescência de Raios-X consiste na retirada de aproximadamente 30 folhas da *Tradescantia pallida*, distribuídas igualmente entre as floreiras. A coleta foi feita após pelo menos quatro meses de exposição, período considerado suficiente para acumulação de metais pela planta (SAVOIA, 2007). As folhas são então armazenadas em um envelope de papel e levadas ao laboratório para procedimentos de preparo e análise das amostras.

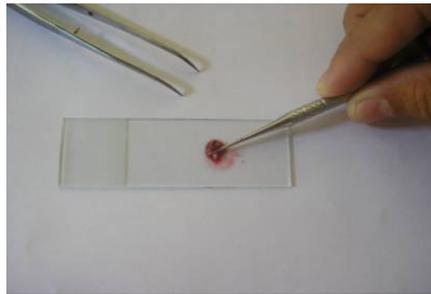
A primeira coleta das folhas para determinação da composição foliar por EDX foi feita entre os dias 10 e 11 de março de 2010, em 8 pontos de biomonitoramento: os dois de São José dos Campos; os dois de Jacareí, um de Taubaté (Campus Bom Conselho); o de Guaratinguetá; de Lorena e de Cachoeira Paulista. Há previsão para mais duas coletas, a serem realizadas em julho e novembro de 2010, para avaliação temporal.

3.3 Metodologia analítica

3.3.1 Procedimento para análise do bioindicador

A determinação do % de MCN, em cada uma das inflorescências é feita após preparação da lâmina. A inflorescência é retirada do coletor universal com o auxílio de uma pinça cirúrgica e colocada sobre um papel toalha para retirar o excesso de conservante. O próximo passo é a separação dos gomos, com sonda exploradora. Cada gomo apresenta em média 3 botões. Para preparar a lâmina, para contagem de MCN, o grão a ser escolhido deve ser o maior entre os médios, pois nesse grão provavelmente encontraremos a fase específica celular de tétrade, onde serão encontrados os MCN. Depois de levado á lâmina, o grão selecionado deve ser aberto e seu material interno retirado, aplica-se o corante carmin, para a coloração das células, e o material é macerado com a ajuda das sondas exploradoras e levado ao microscópio. Caso confirmada a identificação da fase celular de tétrade, retira-se o debris deixado apenas o líquido e, em seguida, encerra-se o preparo da lâmina com a sobreposição da lamínula. O excesso de líquido deve ser retirado com a ajuda de um pequeno pedaço de papel toalha, a lâmina deve ser levada até a espiriteira, onde será aquecida, para que ocorra a fixação do corante carmin, conseguindo assim uma melhor visualização das tétrades presentes. Depois da lâmina pronta para a análise, deve-se fazer a quantificação de MCN considerando 300 tétrades. Após contagem em 300 tétrades converte-se o valor pra %de MCN. A figura xx mostra o preparo da lâmina, a leitura ao microscópio e um detalhe do micronúcleo

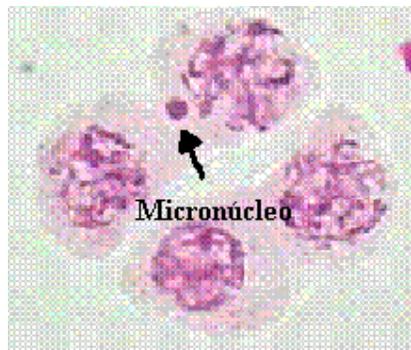
Foram analisados o % de MCN em 10 lâminas, por ponto, por semana. Quando a quantidade de inflorescências coletadas superou esse número, elas foram descartadas. Ou seja, a coleta foi a mais abrangente possível, porém o número de lâminas precisou ser limitado, devido ao grande número de análises necessárias para chegar a um valor médio mensal compatível entre os pontos.



(a)



(b)



(c)

Figura 5 –(a) Ilustração do preparo da lâmina; (b) da leitura ao microscópio e (c) detalhe do micronúcleo (MCN).

3.3.2 Espectrometria de Raios X

Para a determinação da composição elementar da *Tradescantia pallida*, as folhas foram lavadas individualmente em água destilada e deionizada, colocadas sobre papel toalha para absorver o excesso de água e levadas a uma estufa a 45° C por 48 hs para desidratação. Depois que o processo de secagem na estufa é finalizado, as folhas são trituradas em um recipiente de ágata (gral e pistilo), até formação de um pó bem fino, seguido de peneiração para homogeneidade no tamanho das partículas. Para preparar

as pastilhas para análise de EDX, utiliza-se um cilindro de 20 mm de diâmetro, onde são acrescentados de 0,5 a 0,6 g da amostra triturada e peneirada, e acrescentados 1 g de ácido bórico (H_3BO_3 pa) e levado à prensa por 60 segundos com força de 1 ton ou 20 mPA (Prensa modelo PCA4 da Teclago tecnologia em Máquinas Metalurgicas, São Paulo).

As análises ao EDX 700-HS foram realizadas em atmosfera à vácuo, para aumentar a sensibilidade da detecção da energia dos raios X dispersas nas amostras 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, foi utilizado como balanço de massa. Os resultados quantitativos foram obtidos com a calibração dos parâmetros fundamentais, ajustes da sensibilidade de detecção do equipamento, usando a amostra padrão certificada NIST SEM 1547-Peach Leaves (National Institute of Standards, 158, Gaithersburg, MD, USA). Todas as amostras foram analisadas desta forma por cinco vezes. Os resultados são apresentados em $\mu g\ g^{-1}$.



FIGURA 6 – Pastilha confeccionada com folhas secas e trituradas da *Tradescantia pallida* e ácido bórico.

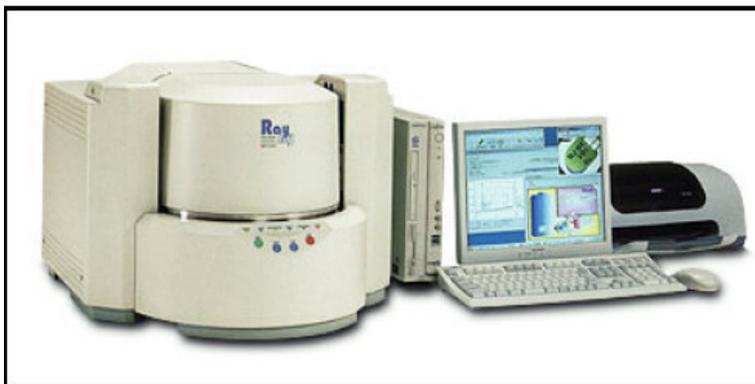


FIGURA 7 – Fotografia do equipamento EDX 700 HS da Shimadzu

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Concentração de micronúcleos

A opção para coleta semanal de inflorescências em todos os pontos de biomonitoramento, sem limitação de quantidade, foi feita para que as influências da pluviosidade e da direção predominante dos ventos pudessem ser avaliadas posteriormente. Porém esse procedimento gerou um excesso de amostras, responsável pelo atraso nas atividades de contagem de MCN. Para as amostras coletadas em novembro, dezembro e janeiro, para a determinação da média semanal, foram processadas 10 lâminas em cada ponto. A partir de fevereiro, foi feita uma redução para a análise em 5 lâminas por ponto, por semana, porém a redução não foi suficiente para a conclusão das leituras a tempo hábil para a correta interpretação dos resultados.

A influência da pluviosidade apesar de não analisada para todos os Municípios neste momento, já se torna evidente com a observação da quantidade de inflorescências disponíveis para a coleta. A FIGURA 8 mostra, como exemplo, o caso de São José dos Campos, onde se observa a redução no número de inflorescências coletadas a partir de abril, quando houve uma diminuição da pluviosidade na região.

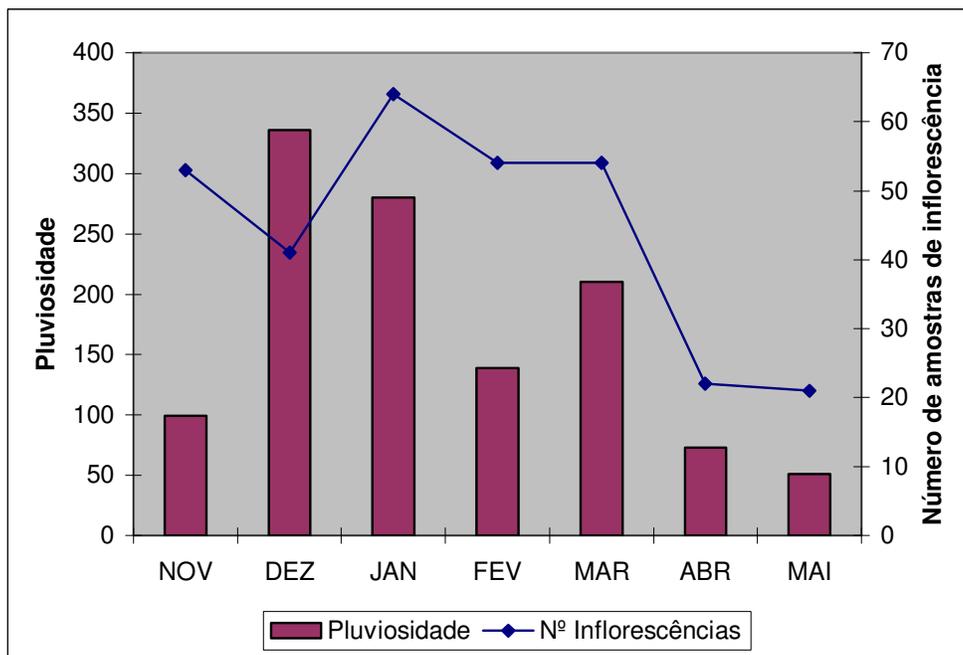


FIGURA 8: Relação entre pluviosidade e quantidade de amostras coletadas em São José dos Campos entre novembro de 2009 e junho de 2010.

A tabela 2 apresenta os valores médios mensais de % de MCN para os 6 Municípios do Vale do Paraíba até o mês de março de 2010, caracterizando o período chuvoso. Os resultados referentes aos meses seguintes serão discutidos posteriormente

Tabela 2 – Valores médios mensais de % de MCN para os 6 Municípios do Vale do Paraíba – SP até o mês de março de 2010.

Municípios/ % médio de MCN	JCR	SJC	TBT	GRA	LOR	CPT
Novembro		1,47	1,46	3,30	3,00	0,49
Dezembro	1,92	2,48	1,78	1,10	2,00	0,57
Janeiro	1,72	3,69	1,31	4,70	2,93	0,74
Fevereiro		3,83	2,02		6,97	13,17
Março			1,88	5,30		

Os valores médios mensais de MCN, na maioria das vezes, apresentam-se abaixo aos valores do background de MCN, entre 2,0 e 2,3% (SANT'ANNA, 2003), para os meses de novembro e dezembro, com exceção de Guaratinguetá e Lorena. A partir de janeiro há uma tendência de aumento do número de MCN. Esse aumento pode estar correlacionado com a redução da pluviosidade, quando então os efeitos das fontes de poluentes locais podem se manifestar. Em Cachoeira Paulista, para o mês de fevereiro, há uma alteração muito brusca, diferente do comportamento dos outros pontos, que sugere uma contaminação local bem diferenciada, que ainda não foi possível identificar. Essa média foi calculada a partir dos resultados semanais, onde na primeira semana de fevereiro foram identificados 23 e 25 % de MCN, reduzindo para 7 e depois 4% nas demais semanas do mês.

O Município de São José dos Campos apresentou valor de $3,7 \pm 1,4$ no mês de janeiro de 2010. Esse valor é superior ao valor médio obtido em 2008 e 2009, $1,56 \pm 0,57$ (ZANATO et al, 2008) e $1,71 \pm 0,47$, respectivamente (ZANATO et al 2009).

4.2 Concentrações foliares

Através da fluorescência de Raios X, foram determinadas as concentrações de 23 elementos: vanádio (V), manganês (Mn), ferro (Fe), níquel (Ni), cobre (Cu), zinco (Zn), arsênico (As), selênio (Se), rubídio (Rb), estrôncio (Sr), molibdênio (Mo), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), chumbo (Pb), bário (Ba), sódio (Na), magnésio (Mg), alumínio (Al), fósforo (P), enxofre (S), cloro (Cl), potássio (K) e cálcio (Ca).

A tabela 3 mostra a concentração média e desvio padrão desses elementos, determinados nas folhas da *Tradescantia pallida*, para os pontos de biomonitoramento instalados em Jacareí (JCR), São José dos Campos (SJC), Taubaté (TBT), Guaratinguetá (GRA), Lorena (LOR) e Cachoeira Paulista (CPT).

Dentre os 23 elementos analisados, 7 deles, o V, Ni, As, Mo, Cd, Se e Hg, mostraram valores muito próximos ao limite de detecção do método. Para os outros 16 elementos, utilizando análise de variância ANOVA, fator único, considerando nível de significância de 0,05, não foi possível aceitar a hipótese nula, isto é os valores médios para os Municípios analisados podem ser considerados estatisticamente diferentes,

para pelo menos um dos Municípios em questão (LAPONI,1997). A única exceção foi apresentada pelo sódio, onde a hipótese nula não pôde ser rejeitada, o que indica que esse elemento pode ser considerado característico da *Tradescantia pallida*, com média igual a $17,1 \pm 4$ mg.g-1 e, não apresenta fonte específica de contaminação, pois não mostra variações quanto o local de exposição.

A concentração média desses elementos na folhas da *Tradescantia pallida*, após exposição em local que pode ser considerado de referência (background), ainda não está disponível. Porém em SAVÓIA (2007), encontra-se referência á concentrações de ferro numa faixa de 100 a 500 $\mu\text{g.g-1}$; de zinco faixa de 100 a 300 $\mu\text{g.g-1}$; de bário 30 a 120 $\mu\text{g.g-1}$ e Ca e K na faixa entre 4 e 3% em massa, respectivamente. Esses resultados foram obtidos após exposição da *Tradescantia pallida* em 5 pontos do Município de Santo André, sendo dois deles instalados no centro da cidade, com forte influência veicular; outros dois próximos ao pólo petroquímico e outro ponto considerado de referência, num Parque natural, numa área de preservação ambiental.

Os valores de concentração média para os ferro, zinco, bário, cálcio e potássio da TABELA 3, são compatíveis com os descritos por SAVÓIA (2007).

Os elementos minerais presentes em um vegetal podem ser classificados em macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Cl, Fe, Mn, Mo e Zn). Essa relação é diferente para cada espécie, sendo também importante a questão da concentração desse elemento. O zinco por exemplo, quando em concentrações superiores a 100 mg.kg^{-1} é considerado tóxico, porém a ausência de zinco pode ser responsável por uma redução no tamanho da planta.

Em termos de variação espacial apresentada pelos elementos analisados nos 6 Municípios, observa-se que Guaratinguetá apresenta os maiores valores para Mn, Fe, Cu, Zn, Sr, Ca, P, S e Ba. (FIGURA 9, 10 e 11) . O comportamento desses elementos nos Municípios vizinhos não apresenta regularidade. Para o Cu, S, Sr e P, é possível considerar a formação de dois grupos, tendo Guaratinguetá como um grupo separado dos demais Municípios que apresentam valores semelhantes. Uma outra configuração é apresentada pelo Fe e Zn, com a visualização de 3 grupos: Guará com maior valor, seguido de Jacareí e São José dos Campos com valores intermediários e Taubaté, Lorena e Cachoeira Paulista com valores menores. Porém essas hipóteses não se

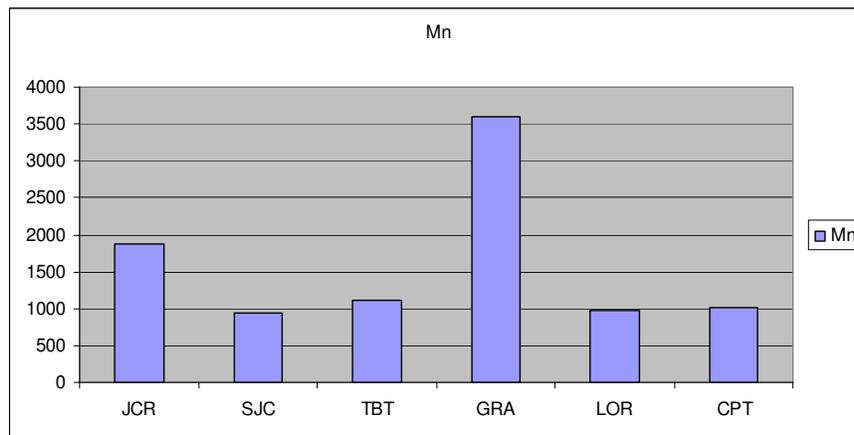
mantêm para os Cl, K, Al, Rb, Mg e Na (Figura 12 e 13) onde Guaratinguetá já não é o Município com os teores mais elevados.

Uma observação importante é que a influência dos valores altos em Guaratinguetá não chega a ser observada nem em Lorena (a leste de Guará) nem em Taubaté (oeste de Guaratinguetá), mostrando com esses resultados uma influência bem localizada das fontes que contribuem para a variação sazonal observada.

TABELA 3 - Valores de média e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) para as concentrações dos elementos analisados nas folhas da *Tradescantia pallida* para os Municípios do Vale do Paraíba. Resultados referentes à coleta após exposição de novembro de 2009 a março de 2010.

		Jacareí	SJC	Taubaté	Guaratinguetá	Lorena	Cachoeira Paulista
Mn	média	1866,31	940,12	1118,75	3605,25	979,80	1022,95
	dp	645,32	24,48	376,66	1058,00	289,36	307,11
Fe	média	259,25	229,03	167,43	365,33	198,45	161,20
	dp	58,12	35,62	40,93	119,23	52,57	45,43
Cu	média	4,86	5,74	4,89	6,93	5,33	4,89
	dp	0,18	0,23	0,66	0,29	0,41	0,37
Zn	média	190,32	201,52	143,93	229,22	135,42	118,84
	dp	4,63	3,42	2,92	4,68	3,73	4,34
Rb	média	86,41	221,95	157,26	129,86	102,57	117,85
	dp	4,57	62,10	51,10	51,61	19,38	9,69
Sr	média	248,77	293,94	215,22	328,61	258,47	221,95
	dp	3,26	1,39	10,63	3,64	1,66	5,58
Na	média	14,56	16,52	15,31	17,88	19,32	17,78
	dp	7,81	1,21	3,02	6,40	1,08	1,42
Mg	média	24192	22634	24400	15298	23612	23042
	dp	348,56	421,55	822,75	221,12	407,06	383,17
Al	média	154,63	265,52	182,10	128,45	173,83	210,07

	dp	12,93	19,70	27,64	24,48	20,91	11,06
P	média	2532	2606	2430	4186	2464	2190
	dp	29,26	13,56	46,04	23,32	20,59	16,73
S	média	2266,00	2178,00	2586,00	3828,00	2278,00	2368,00
	dp	26,53	24,82	47,58	31,87	17,20	22,27
Cl	média	3192,91	3137,54	2982,81	4163,36	4980,33	8306,28
	dp	27,70	21,31	84,93	67,04	55,88	108,81
K	média	14558	26316	23650	14862	20092	29998
	dp	99,68	61,51	227,95	95,16	53,81	270,88
Ca	média	29178	28120	27392	47108	42242	29412
	dp	243,01	67,82	369,35	142,74	69,69	299,49
Cd	média	0,80	0,80	0,60	1,00	0,80	0,80
	dp	0,40	0,40	0,49	0,00	0,40	0,40
Pb	média	1,12	1,08	0,82	0,85	0,62	1,27
	dp	0,23	0,17	0,41	0,43	0,50	0,41
Ba	média	47,73	49,85	33,86	79,62	44,01	16,41
	dp	7,99	5,20	20,85	16,63	10,00	3,12



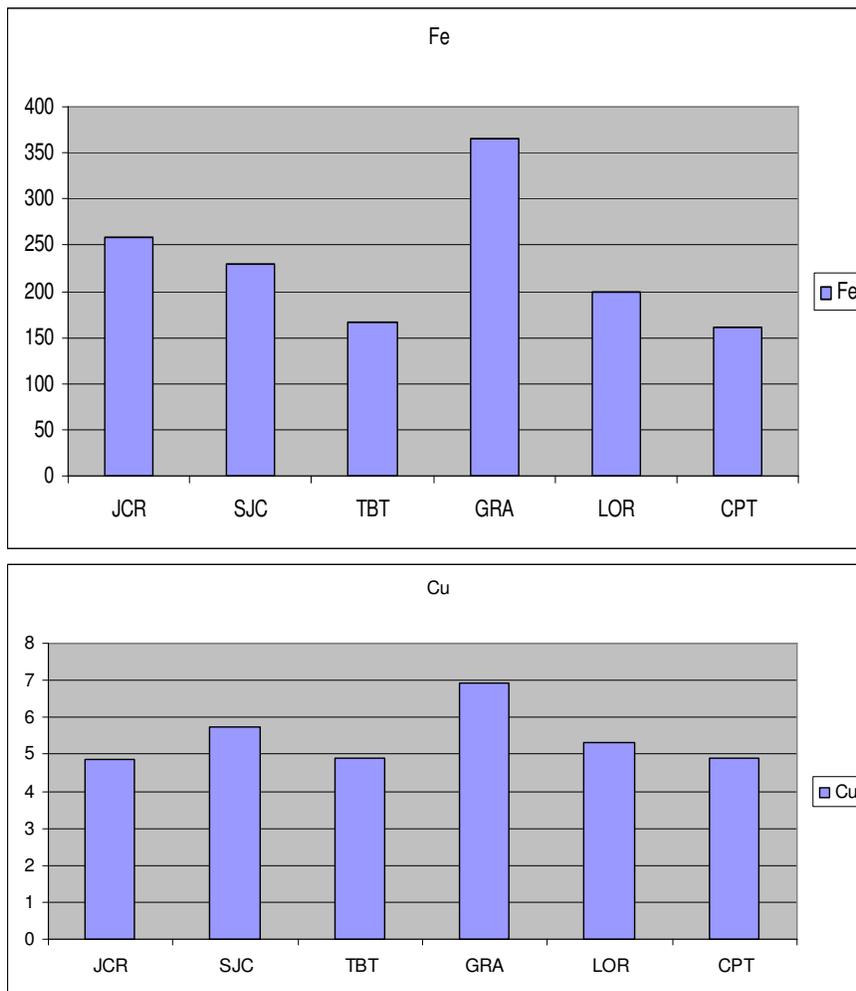


FIGURA 9 - Valores médios de concentração ($\mu\text{g.g}^{-1}$), de Mn, Fe e Cu para os 6 Municípios do Vale do Paraíba, referentes à coleta de folhas de *Tradescantia pallida*, após exposição de novembro de 2009 a março de 2010.

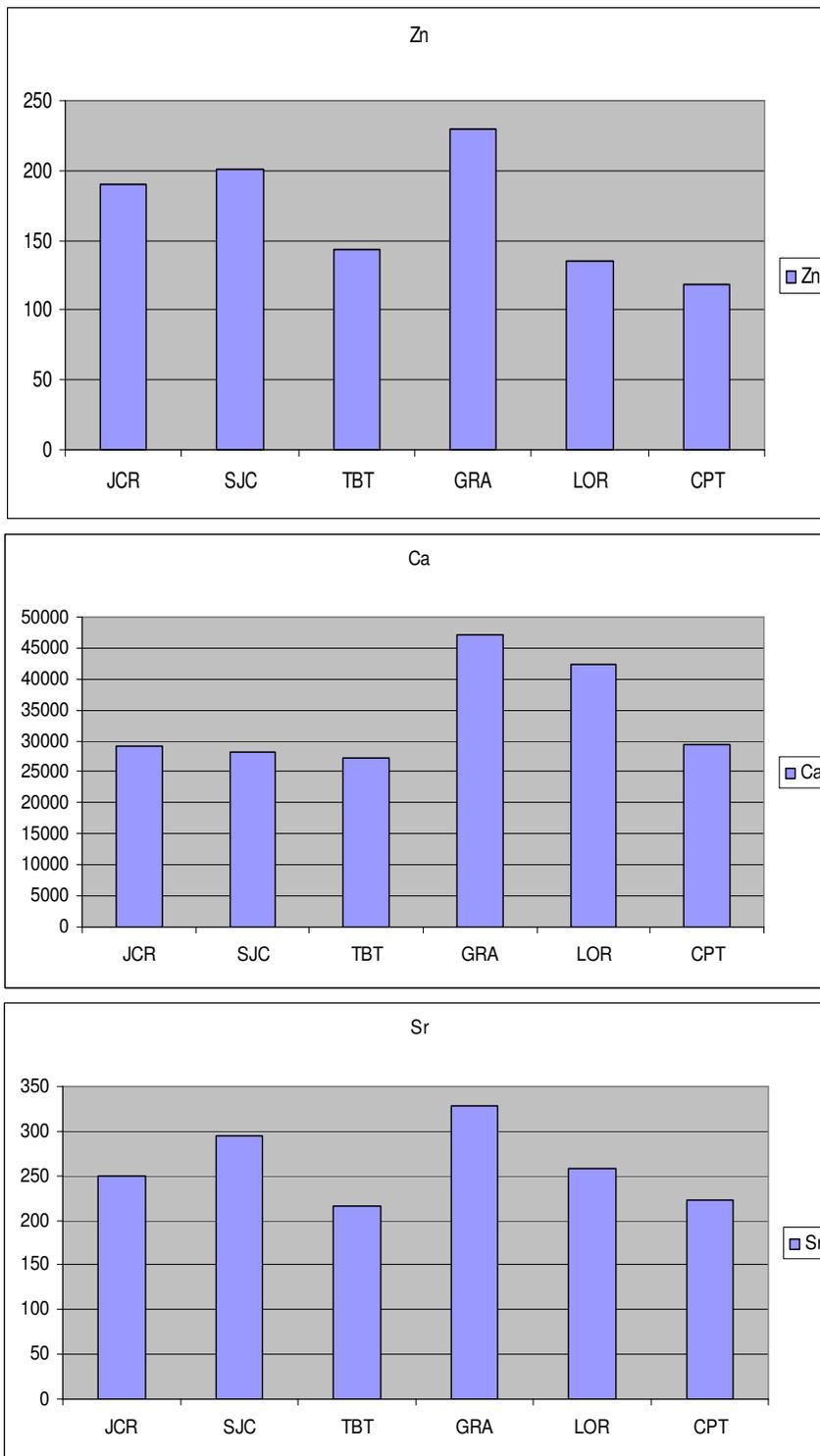


FIGURA 10- Valores médios de concentração ($\mu\text{g.g}^{-1}$), de Zn, Ca e Sr, para os 6 Municípios do Vale do Paraíba, referentes à coleta de folhas de *Tradescantia pallida*, após exposição de novembro de 2009 a março de 2010.

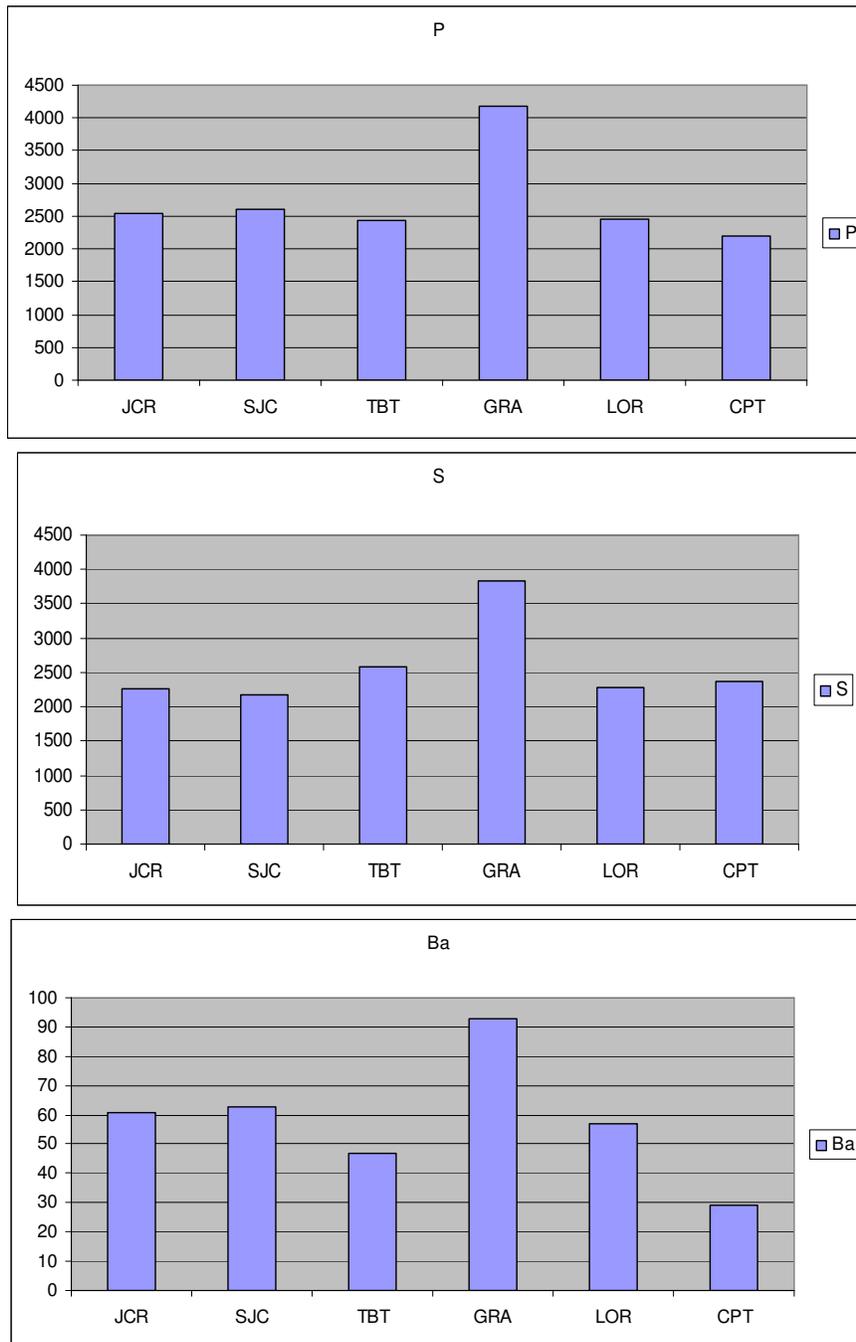


FIGURA 11 Valores médios de concentração ($\mu\text{g.g}^{-1}$), de P, S e Ba para os 6 Municípios do Vale do Paraíba, referentes à coleta de folhas de *Tradescantia pallida*, após exposição de novembro de 2009 a março de 2010.

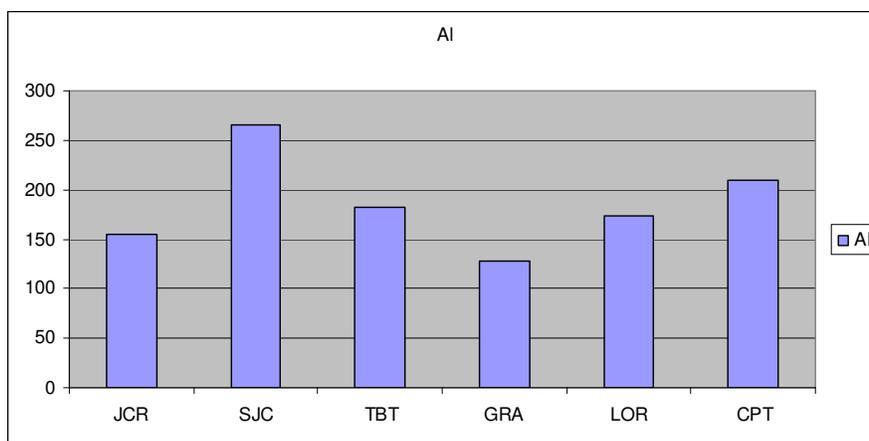
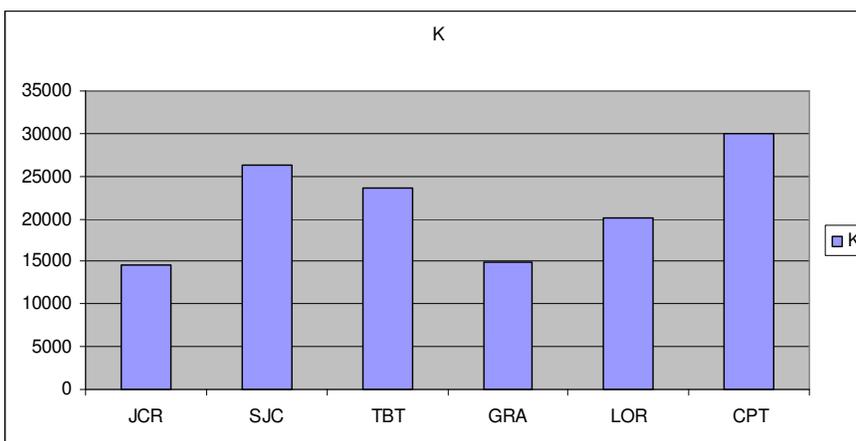
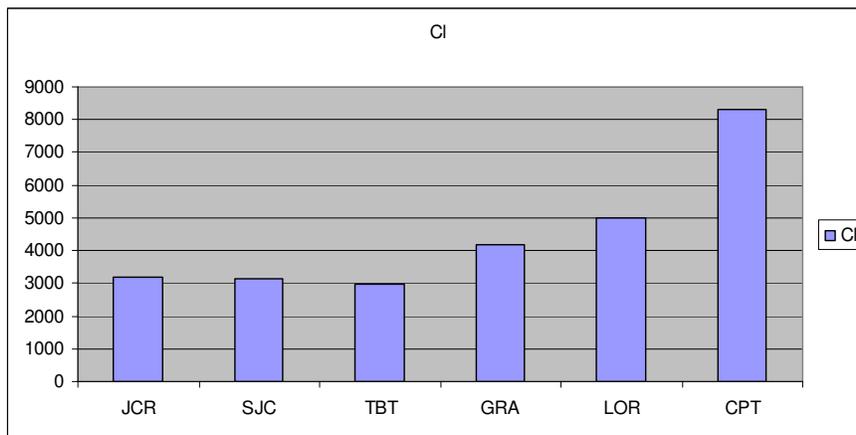


FIGURA 12 Valores médios de concentração ($\mu\text{g.g}^{-1}$), de Cl, K e Al para os 6 Municípios do Vale do Paraíba, referentes à coleta de folhas de *Tradescantia pallida*, após exposição de novembro de 2009 a março de 2010.

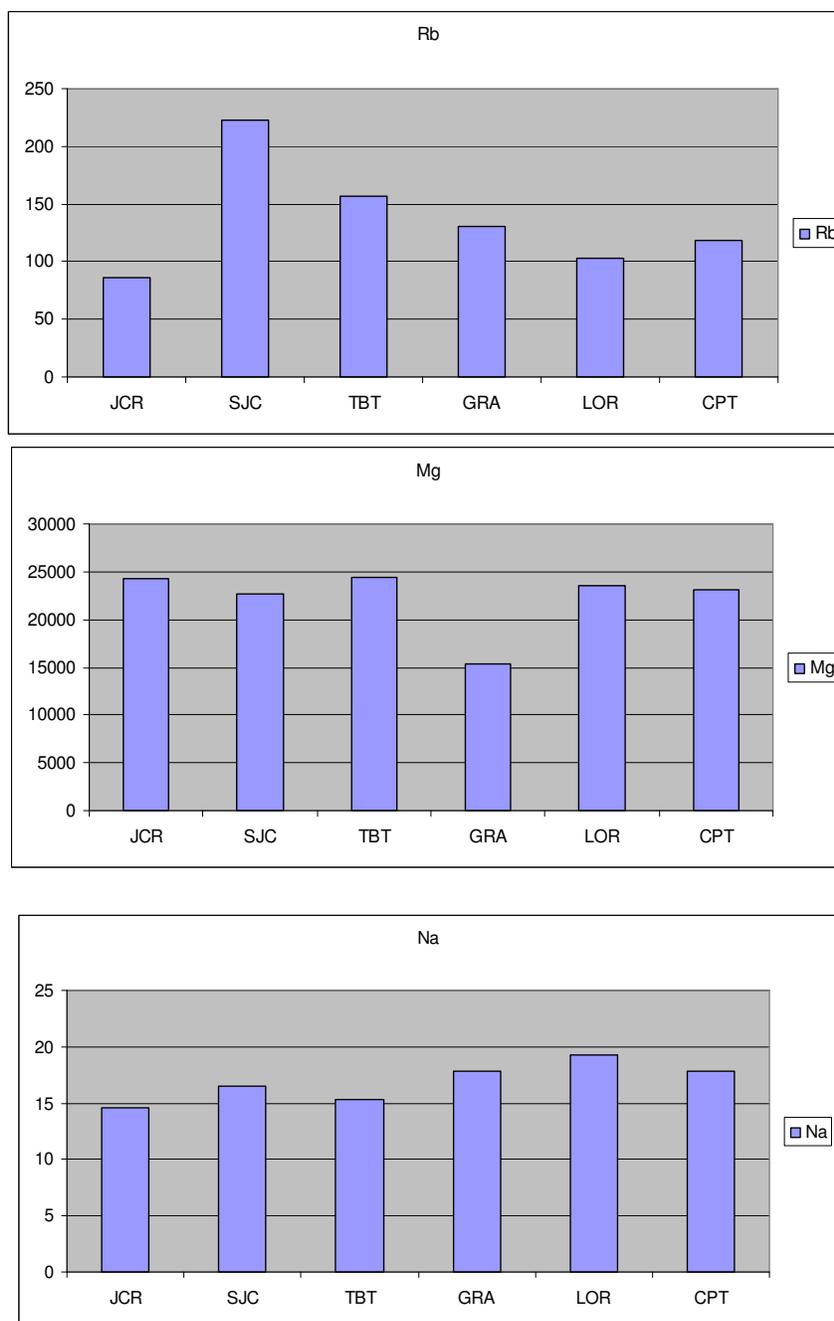


FIGURA 13 Valores médios de concentração ($\mu\text{g.g}^{-1}$), de Rb, Mg e Na para os 6 Municípios do Vale do Paraíba, referentes à coleta de folhas de *Tradescantia pallida*, após exposição de novembro de 2009 a março de 2010.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Os resultados analisados nesse relatório referem-se ao período de exposição compreendido entre novembro de 2009 a março de 2010, que pode ser considerado o período de maior índice pluviométrico. Assim sendo, os valores médios mensais de MCN, na maioria das vezes, apresentam-se abaixo aos valores do background de MCN, entre 2,0 e 2,3%, para os meses de novembro e dezembro, com exceção de Guaratinguetá e Lorena. A partir de janeiro há uma tendência de aumento do número de MCN. Esse aumento pode estar correlacionado com a redução da pluviosidade, quando então os efeitos das fontes de poluentes se manifestam. Para o período seco, a partir de maio, a dispersão é menor e, espera-se um aumento na quantidade de MCN nos pontos analisados.

O Município de São José dos Campos apresentou valor de $3,7 \pm 1,4$ no mês de janeiro de 2010. Esse valor é superior ao valor médio obtido em 2008 e 2009, $1,56 \pm 0,57$ (ZANATO et al 2008) e $1,71 \pm 0,47$, respectivamente (ZANATO et al, 2009).

Os resultados decorrentes da composição foliar para os 6 pontos de biomonitoramento mostram Guaratinguetá como o Município que apresenta maiores valores para Mn, Fe, Cu, Zn, Sr, Ca, P, S e Ba. Porém, a influência dos valores altos em Guaratinguetá não chega a ser observada nem em Lorena (a leste de Guará) nem em Taubaté (oeste de Guaratinguetá), mostrando com esses resultados uma influência bem localizada das fontes que contribuem para a variação espacial observada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JUNIOR, C. H. ; SILVA, C.R. ; GINÉ, M. F. ; GOMES, T. F. BOARETTO, A.E. ; MURAOKA, T.i ; FERNANDES, H. M.G. . **Análise química de metais pesados por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente**. In: Silva, F.L. (ed.). (Org.). Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. 2 ed. Brasília - DF: EMBRAPA, 2009, v. Parte2, p. 487-536.

ALVES, C.; **Aerossóis atmosféricos: perspectivas históricas, fontes, processos químicos de formação e composição orgânica**. Quim. Nova, vol 28, No 5, 859-870, 2005.

BRAGA, B.I. **Introdução à Engenharia Ambiental** - Hespagnol, João G. Lotufo Conejo, et al . 2002.

CARNEIRO, R. M. A.(2004) – **Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica : uma contribuição para a saúde da comunidade**. Tese de mestrado. Universidade de São Paulo – Escola de enfermagem de Ribeirão Preto, 2004.

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

GOUVEIA, N., MENDONCA, G. A. e S., LEON, A. P. de *et al*. **Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras**. *Epidemiol. Serv. Saúde*, mar. 2003, vol.12, no.1, p.29-40. ISSN 1679-4974.

HELENE, M. E. M; BUENO, M. A. F.; GUIMARÃES, M. R F.; PACHECO, M R; N, Edelci. **Poluentes Atmosféricos**. 1º Ed. São Paulo: Editora Scipione, 1994

KLUMPP A., ANSEL, W., KLUMPP, G., 2004. **European Network for the Assessment of Air Quality by the Use of Bioindicator Plants**. Final Report. University of Hohenheim, Germany, 168 pp., download from: <http://www.eurobionet.com>.

LAPONI J. C. **Estatística usando Excel 5 e 7**. Laponi treinamento e Editora. São Paulo– SP (1997) ISBN 85-85624-08-6

SANT'ANNA, E.T.G.. **Poluição Atmosférica Urbana na Cidade de São Paulo e Mutagênese: Avaliação de Riscos Utilizando-se Bioindicadores Vegetais do Gênero Tradescantia**. 117 p. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo. 2003.

SAVÓIA, E. J. L. **Potencial de Tradescantia pallida CV. Purpúrea para biomonitoramento da poluição aérea de Santo André – São Paulo – por meio do bioensaio Trad – MCN e do acúmulo foliar de elementos tóxicos** . Tese de Mestrado ,2007.

WHO 2006. **Air Quality Guidelines**. Global update 2005. World Health Organization 2006. 496 p. Copenhagen, Dinamarca. ISBN 9289021926.

ZANATO, V. T. A. B.; JORGE, M. P. M. P.; CAPELO, A.; BARBOSA, E.; PEREIRA, L. **Biomonitoramento no município de São José dos Campos, utilizando Tradescantia Pallida - Campanha 2007** -. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INPE (SICINPE), 2008, São José dos Campos. (ANAIS...) São José dos Campos: INPE, 2008.

ZANATO, V. T. A. B.; MARTINS, M. P. P.; MARIANI, R. L.; ROSÁRIO, F. V. **Biomonitoramento no município de São José dos Campos, utilizando Tradescantia Pallida - Campanha 2008**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INPE (SICINPE), 2009, São José dos Campos. **Resumos...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 49.

