



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**BIOMONITORAMENTO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS  
CAMPOS, UTILIZANDO *TRADESCANTIA PALLIDA*  
-CAMPANHA 2006-**

Tatiana Rocha Amaro (UNIVAP, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: [tctetati@hotmail.com.br](mailto:tctetati@hotmail.com.br)

**ORIENTADORES**

Dr<sup>a</sup> Maria Paulete Martins Pereira Jorge (DMA/INPE, Orientador)  
[paulete@cptec.inpe.br](mailto:paulete@cptec.inpe.br)

Dr<sup>a</sup> Rauda Lúcia Mariani (UFF/DMA-INPE, Orientador)  
[rauda@cptec.inpe.br](mailto:rauda@cptec.inpe.br)

**COLABORADORES**

Ingrid (UNIVAP), Wellington Ferreira (UNIVAP),  
Adriano Capelo (UNIVAP) e Sergio S. Pereira (INPE)

**Junho de 2007**

## **AGRADECIMENTOS**

A meus pais que são a base para minha vida, educação, e que sem os seus esforços e ensinamentos muitas das minhas vitórias obtidas até o presente momento não seria possível.

Às Dra. Rauda Lucia Mariani e Maria Paulete Pereira Martins Jorge pela oportunidade de desenvolver a pesquisa junto a elas, pela dedicação, orientações, incentivo, o cuidado em compartilhar seus conhecimentos durante a realização deste estudo e por todo o crescimento profissional, postura e amadurecimento, que obtive neste tempo de pesquisa.

Aos amigos e companheiros Ingrid e Wellington estagiários que estiveram comigo em todo andamento, desenvolvimento do projeto, podendo assim contar com eles de todas as formas.

Ao Adriano e Sergio que também estiveram presentes em importantes momentos do desenvolvimento e que acrescentaram muito neste projeto.

Agradeço a todas as pessoas que me ajudaram a desenvolver esta pesquisa e conquistar mais conhecimento nesta área de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo auxílio financeiro de 1 ano de bolsa de iniciação científica.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE pela oportunidade de estudos e utilização de suas instalações.

## RESUMO

Biomonitoramento é a utilização da integridade de um sistema biológico para avaliar a degradação causada por qualquer impacto induzido pela sociedade humana. Neste estudo foi utilizada a *Tradescantia pallida* (planta bioindicadora) para identificação das áreas com maior concentração de poluentes atmosféricos no município de São José dos Campos. As espécies utilizadas foram cedidas pela Faculdade de Medicina e Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP) e cultivadas em Caucaia do Alto um local isento de poluição. A *Tradescantia pallida* conhecida popularmente como coração roxo, é sensível a diversos poluentes oxidantes presentes na atmosfera urbana e apresenta mutações genéticas de acordo com o grau de poluição que está sujeita. Essas mutações são identificadas através da presença de micronúcleos no citoplasma da célula em uma de suas fases de evolução. A contagem de micronúcleos é feita após maceração dos botões das inflorescências que são mantidas em potes contendo solução de ácido acético e álcool por um período mínimo de 24 horas após coleta.

Este trabalho faz parte do Projeto “São José dos Campos AR + Limpo” que busca a melhoria da qualidade do ar no Município. A campanha Biomonitoramento 2006 teve como objetivo a identificação das regiões de maior concentração de poluição atmosférica, envolvimento da comunidade escolar para desenvolvimento de projetos de educação ambiental e sensibilização da população. As espécies da *Tradescantia pallida* foram expostas em 38 pontos do Município, em Escolas Municipais, Estaduais, Unidades Básicas de Saúde e outras instituições. A campanha teve início em maio e terminou em setembro de 2006, caracterizando o período seco, onde são esperados os maiores índices de poluição. A região central foi a que apresentou as maiores taxas de micronúcleos ( $3,9 \pm 0,87$ ), seguida pelas regiões Norte ( $3,2 \pm 0,26$ ) e Leste ( $2,8 \pm 0,29$ ). Com base nos resultados médios obtidos para cada ponto e utilização do software *Spring*, foi criado também um mapa temático considerando as taxas de micronúcleos em toda área urbana do Município.

**BIOMONITORING IN THE COUNTY OF SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, BY  
USING *TRADESCANTIA PALLIDA*  
-CAMPAING OF 2006-**

**ABSTRACT**

Biomonitoring is the utilization of the integrity of one biologic system to evaluate the degradation caused by impacts induced by human society. In this study was used the *Tradescantia pallida* (bioindicator plant) to identification of areas with major concentration of atmospheric pollutants into the county of São José dos Campos. The breeds used were yielded by Faculty of Medicine and Public Health from University of São Paulo (USP) and developed in Caucaia do Alto, one site exempt of pollution. The *Tradescantia pallida* is known as purple heart and is sensible to several oxidizing pollutants present in urban environment. It presents genetic mutations according to the rate of pollution that is subject. The mutations are identified by the presence of micronuclei into the cytoplasm from cell in only one of his phases of evolution. The count of micronuclei is made after maceration of the buttons from the inflorescences, which are held in pots containing solution of acetic acid and alcohol, for a minimum period of 24 hours after collection.

This work takes part of the project “São José dos Campos Ar + Limpo”. The biomonitoring campaign of 2006 had the objectives of identification of the regions of major concentration of air pollution, involvement of scholastic community about the development of projects of environmental education and population sensitization. The species of *Tradescantia pallida* were exposed in 38 dots of the County, in municipal and pertaining to state schools, basic units of health and others institutions. The campaign started on May and finished on September of 2006, covering the dry season, where were waited the major indexes of air pollution. The central region presented the major rates of micronuclei ( $3,9 \pm 0,87$ ), followed by north ( $3,2 \pm 0,26$ ) and east ( $2,8 \pm 0,29$ ) regions. Based on the average results obtained for each dot and the utilization of the software Spring, was created a thematic map showing the rate of micronuclei in total urban area of the County.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA TABELAS E GRÁFICOS.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
1.1 Justificativas.....	9
1.2 Objetivo Geral.....	9
<b>CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>10</b>
2.1 Biomonitoramento – <i>Tradescantia Pallida</i> .....	10
2.2 Poluição atmosférica.....	11
2.2.1 Efeitos ambientais.....	13
2.2.2 Principais poluentes e seus efeitos na saúde.....	14
<b>CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 Área de estudo.....	19
3.2 Coleta de dados .....	21
3.3 Procedimento de análise.....	23
3.4 Procedimento para geração de distribuição da frequência de micronúcleo.....	26
<b>CAPÍTULO 4 – RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO I – Tabelas de Dados Referentes aos Gráficos 2, 3, 4 e 5.....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXO II – Imagens Microscópicas de Tétrades.....</b>	<b>38</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Feição da planta <i>Tradescantia pallida</i> .....	10
<b>Figura 2:</b> Fase tétrade das células mães de grãos de pólen com a presença de um micronúcleo.....	11
<b>Figura 3:</b> Representação esquemática da duração e morfologia geral de cada estágio da meiose das células mãe do grão de pólen de <i>Tradescantia</i> .....	11
<b>Figura 4:</b> Distritos de São José dos Campos.....	20
<b>Figura 5:</b> Regiões Geográficas de São José dos Campos.....	20
<b>Figura 6:</b> Pontos selecionadas para a exposição das plantas.....	22
<b>Figura 7:</b> Fase pré-floração da espécie <i>tradescantia Pallida</i> .....	23
<b>Figura 8:</b> Pote com solução (1:3) de ácido acético e álcool.....	23
<b>Figura 9:</b> Inflorescência após tempo mínimo de vinte quatro horas na solução.....	23
<b>Figura 10:</b> Divisão dos gomos e botões da inflorescência, sendo que através de dois gomos são obtidos três ou mais botões (quatro botões à direita e três a esquerda da figura) e dois botões grandes ao centro da figura.....	24
<b>Figura 11:</b> Botão da espécie <i>tradescantia pallida</i> sendo manuseado para extração do material interno.....	24
<b>Figura 12:</b> Aplicação do carmim e maceração.....	25
<b>Figura 13:</b> Materiais necessários para análises de MCN.....	26
<b>Figura 14:</b> Microscópio binocular utilizado para contagem da tétrade e para as análises de MCN.....	26
<b>Figura 15:</b> Mapa da Distribuição da frequência de MCN (%) na área urbana do Município de São José dos Campos- SP. Resultados referentes à Campanha de Biomonitoramento em 2006, utilizando a <i>Tradescantia pallida</i> .....	28

## ***LISTA TABELAS E GRÁFICOS***

<b>Tabela 1:</b> Principais conseqüências dos efeitos globais e locais.....	12
<b>Tabela 2:</b> Resultados referentes à utilização da <i>Tradescantia pallida</i> - Campanha de Biomonitoramento 2006, em São José dos Campos – SP.....	27
<b>Gráfico 1:</b> Ocorrências de precipitação nos meses de estudo.....	30
<b>Gráfico 2:</b> Ocorrências de micronúcleos do mês de junho - soma de todos os dados obtidos por ponto.....	31
<b>Gráfico 3:</b> Ocorrências de micronúcleos do mês de julho - soma de todos os dados obtidos por ponto.....	31
<b>Gráfico 4:</b> Ocorrências de micronúcleos do mês de agosto - soma de todos os dados obtidos por ponto.....	32
<b>Gráfico 5:</b> Ocorrências de micronúcleos do mês de setembro - soma de todos os dados obtidos por ponto.....	32

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

O recurso ar é utilizado pelas comunidades de uma maneira não parcimoniosa, pelo fato de mesmo estar disponível sem que seu uso exija qualquer ônus ou esforço. Segundo Derísio, como resultado do uso indiscriminado ou abusivo do ar surge a poluição do ar. Em linhas gerais a poluição do ar pode ser definida como a presença ou lançamento no ambiente atmosférico de substâncias em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança e bem estar do homem, ou no pleno uso e gozo de sua propriedade.

Da região do Vale do Paraíba, São José dos Campos destaca-se pela expansão de contingente populacional oriundos do próprio Estado e dos vizinhos. O setor comercial, impulsionado pelo crescimento econômico e populacional do município sofreu um grande aumento depois da fase industrial ([www.jatai.ufj.br/geo/geoambiente.htm](http://www.jatai.ufj.br/geo/geoambiente.htm))

São José dos Campos pode ser considerado um centro urbano de elevado potencial de poluição atmosférica por 4 razões: possui uma frota veicular licenciada em torno de 202 mil veículos; é cortado no sentido transversal pela Rodovia Presidente Dutra onde circulam 80 mil veículos/dia; situa-se entre os dois maiores pólos urbanos do país (SP e RJ) abrigando extenso e variado parque industrial, com mais de 900 indústrias; e está numa região topográfica de vale que favorece inversões térmicas e conseqüente baixa dispersão atmosférica.

O monitoramento automático da poluição do ar contempla medidas em tempo real da concentração de ozônio ( $O_3$ ), material particulado com diâmetros menores que  $10\mu m$  (PM10), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), e dióxido de carbono ( $CO_2$ ). O acompanhamento contínuo da qualidade do ar de uma região fornece subsídios para ativar ações de controle durante períodos críticos de poluição que representam riscos à saúde pública, bem como para verificar a efetividade dos programas de controle de emissões e auxiliar no planejamento de ações futuras. No Estado de São Paulo a Cetesb gerencia 29 estações automáticas de amostragem, sendo 23 na região metropolitana e outras 6 no interior e litoral. A caracterização de todo o Vale do Paraíba fica restrita à apenas uma estação localizada em São José dos Campos (Cetesb, 2006). A instalação e manutenção de uma rede de monitoramento exigem elevados investimentos e necessitam mão de obra

especializada, além da necessidade de constante adequação aos novos métodos sugeridos pelos órgãos internacionais. Os sistemas de monitoramento atuais, geralmente deficitários em termos quantitativos, não contemplam todas as substâncias poluentes e não fornecem um quadro dos efeitos sincrônicos da complexa mistura dos componentes atmosféricos.

Nesse trabalho são apresentados os resultados da primeira campanha de Biomonitoramento em São José dos Campos, realizada em 2006, utilizando a espécie vegetal *Tradescantia Pallida* como bioindicador.

### **1.1 Justificativa**

Estudos voltados à caracterização e quantificação dos constituintes da atmosfera são de fundamental importância para nortear ações governamentais que visem a melhoria da qualidade de vida e a preservação do ambiente em que vivemos.

A avaliação do índice de poluição atmosférica local é extremamente importante, pois somente através desta avaliação é possível indicar pontos com maior índice de poluentes, estudar seus possíveis causadores e assim tomar medidas para que este mal seja alterado, sabendo que, altos índices de poluentes atmosféricos podem causar graves problemas na saúde, destacando os problemas respiratórios e as mudanças no sistema imunológico (Golçaves et al,2005).

### **1.2 Objetivo Geral**

Estudar a distribuição espacial da poluição atmosférica no município de São José dos Campos dentro do projeto de caracterização da qualidade do ar desenvolvido no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Inpe, utilizando como ferramenta de estudo a Planta *Tradescantia Pallida*, com o objetivo principal de identificar as áreas mais susceptíveis à poluição atmosférica.

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Biomonitoramento - *Tradescantia pallida*

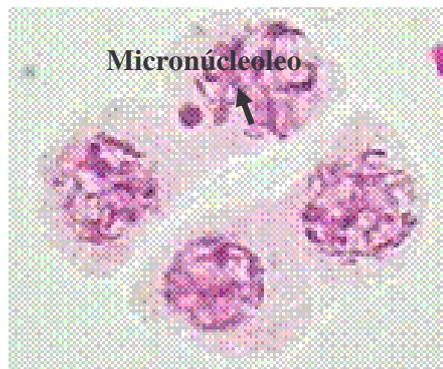
O Biomonitoramento é uma técnica que permite avaliar a qualidade do ar em áreas extensas, utilizando organismos vivos que respondem à poluição ambiental alterando suas funções ou acumulando toxinas. As respostas das plantas podem ser observadas tanto em nível macroscópico, através da apresentação de cloroses, necroses, quedas de folhas ou diminuição no seu crescimento, como podem ocorrer em nível genético, como é o caso da *Tradescantia pallida*, figura 1, popularmente conhecida como coração roxo.



**Figura 1:** Feijão da planta *Tradescantia pallida*.

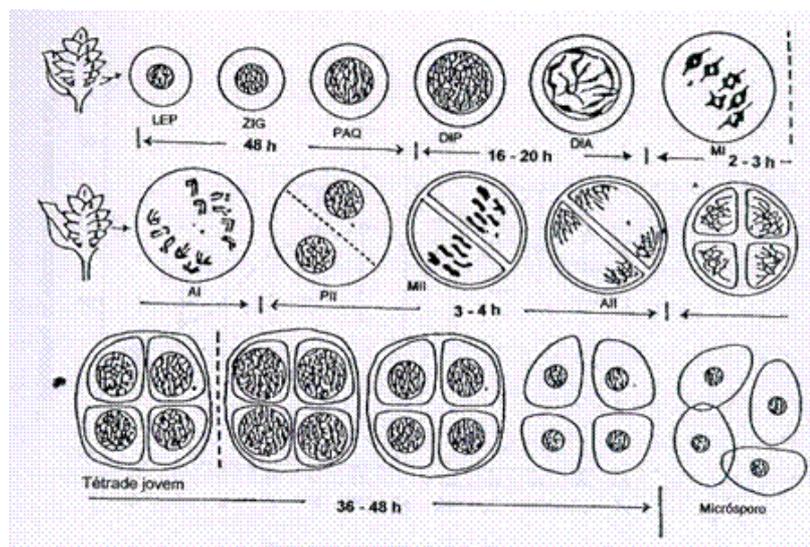
Essa espécie pode indicar o grau de concentração de poluentes oxidantes, através da contagem dos micronúcleos (mutações genéticas) que são separados (“refugados”) pelas células mães de grãos de pólen, caso a planta esteja sob efeitos de poluentes. Ou seja, o número de micronúcleos separados na célula é proporcional à concentração de poluentes. Trata-se de uma metodologia com padronizações nacionais e internacionais (Klumpp et al, 2004; Carreras et al, 2006; Sant’Anna 2003) já bastante utilizada principalmente em áreas extensas pois permite um maior número de amostragens com baixo custo operacional, o que é ideal para avaliação prévia dos pontos mais susceptíveis ou de maior concentração.

O protocolo para análise da *Tradescantia pallida* - Trad-MCN (Sant'Anna,2003) recomenda contagem de 300 tétrades em cada lâmina preparada para a verificação do número de micronúcleos presentes nas células. Os micronúcleos são fragmentos de cromossomos que se apresentam como pequenas estruturas arredondadas que são produzidas durante a meiose das células-mãe do grão de pólen. Com a exposição a agentes mutagênicos, a frequência de micronúcleos (MCN) aumenta permitindo avaliação do grau de contaminação do ambiente. A figura 2 ilustra uma célula na fase de tetrade com um micronúcleo.



**Figura 2:** Fase tetrade das células mães de grãos de pólen com a presença de um micronúcleo.

Abaixo na figura 3 segue uma demonstração das fases do desenvolvimento do grão de pólen da espécie *Tradescantia pallida*.



**Figura 3:** Representação esquemática da duração e morfologia geral de cada estágio da meiose das células mãe do grão de pólen de *Tradescantia*.

## 2.2 Poluição Atmosférica

O uso básico do recurso ar é manter a vida. Todos os outros usos se sujeitam a manutenção de uma qualidade de ar que não degradará, aguda ou cronicamente, a saúde ou bem estar humano.

Segundo Braga (2002), a poluição atmosférica existe quando contém uma ou mais substâncias químicas em concentrações suficientes para causar danos em seres humanos, animais, em vegetais ou em materiais e essas concentrações dependem do clima, da topografia, da densidade populacional, do nível e do tipo de indústrias locais.

Do ponto de vista espacial as fontes de poluição podem ser classificadas em móveis e estacionárias (como exemplo de estacionárias as chaminés das indústrias e de móveis os veículos). Conhecer as principais fontes de poluição é fundamental, uma vez que o enfoque de tratamento do problema é diferente em cada caso (Braga, 2002). Quanto a dimensão da área atingida pelo problema, esta pode ser caracterizado de duas maneiras: global que envolve toda a ecosfera, exigindo esforço mundial para enfrentá-los e o local que dizem respeito a problemas de um região relativamente pequena.

Os principais problemas globais e locais estão descritos na tabela abaixo.

**Tabela 1:** Principais consequências dos efeitos globais e locais.

	<b>Problemas</b>	<b>Algumas Consequências</b>
<b>Poluição Global</b>	Efeito estufa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteração na precipitação, subida do nível dos oceanos (degelos), ondas de calor;</li> <li>• Afeta a produção agrícola e as reservas de água, dando origem a alterações econômicas e sociais;</li> <li>• Aumento no número de doenças infecciosas através da proliferação de pestes;</li> </ul>
<b>Poluição Global</b>	Destruição da camada de ozônio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O câncer de pele;</li> <li>• Problemas oculares e;</li> <li>• Redução da capacidade imunológica.</li> </ul>

<b>Poluição Global</b>	Chuva ácida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lixiviação dos nutrientes e a eliminação de organismos que contribuem para o desenvolvimento do solo;</li> <li>• Acidificação da água, principalmente de lagos;</li> <li>• Destruição das obras civis e monumentos;</li> </ul>
<b>Poluição Local</b>	“Smog” Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metais e outros materiais;</li> <li>• Perigoso para saúde humana.</li> </ul>
<b>Poluição Local</b>	“Smog” Fotoquímico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução da visibilidade;</li> <li>• Diminuição da elasticidade da borracha, corrosão de metais e redução da resistência dos tecidos e dos plásticos, entre outros</li> </ul>

**Fontes:** Adaptado de Jacobi, DGLINPE, Braga e Meira.

### 2.2.1 Efeitos ambientais

Os efeitos climáticos associados aos aerossóis podem ser divididos em diretos ou indiretos. Os efeitos diretos estão relacionados à capacidade do aerossol de absorver ou refletir parte da radiação solar. Os materiais carbonáceos em especial têm capacidade de absorver a radiação solar, portanto acumulam calor na atmosfera ao absorver a radiação solar incidente e a refletida pela superfície da terra. Os efeitos indiretos dos aerossóis são vinculados a formação dos núcleos de condensação de nuvens, interferindo nos processos de formação das mesmas (Williamson, 1973). Gases e partículas presentes na atmosfera são fundamentais na formação de nuvens, névoa e neblina, onde também se processa importantes reações na fase gás/líquida. O termo “rainout” refere-se às reações que se processam nas nuvens e “washout” aos processos que ocorrem abaixo das nuvens (carreamento, dissolução de partículas). Assim, as partículas atmosféricas são diretamente responsáveis pela difusão, transporte e deposição de substâncias acidificantes nos solos e na água podendo afetar seriamente determinadas espécies de plantas e animais. Muitas dessas substâncias resultam da atividade industrial, sendo

transportadas pelo vento através de milhares de quilômetros desde a sua fonte até serem depositadas (Hesketh, 1972).

Em muitos ecossistemas, a deposição ácida encontra-se bastante acima dos níveis de tolerância do ambiente. A poluição atmosférica provoca também a deterioração de materiais (borracha, materiais sintéticos, couro, tecidos, metais e outros), o que implica em prejuízo econômico, devido à necessidade de sua substituição e/ou manutenção. O desenvolvimento das atividades agropecuárias também é afetado, o que vai desde diminuição da resistência das plantas a doenças e pragas até o acúmulo de poluentes tóxicos nos animais e sua transferência a outros seres, por meio da cadeia alimentar.

### **2.2.2 Principais Poluentes Atmosféricos os seus Efeitos a Saúde**

De acordo com Böhm (2007) a doença mais freqüente é a inflamação. Durante os episódios de poluição, quando a CETESB avisa que o ar está ruim, muitas pessoas sentem ardência nos olhos, nariz, garganta, traquéia e, por vezes, tosse. A inflamação nada mais é do que uma das formas com que os tecidos reagem perante irritantes químicos, físicos ou microrganismos. Os poluentes que causam inflamação são muitos, porém os que se destacam são: óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre, hidrocarbonetos, aldeídos, material particulado e oxidantes fotoquímicos.

O equilíbrio entre o organismo e estes agentes é mantido por meio de sofisticados sistemas de proteção que garantem a saúde, porém, quando minados por inflamações crônicas, os microrganismos instalam-se nos tecidos, proliferam e causam uma infecção. Assim, as faringites, rinites e bronquites, por exemplo, se tornam inflamações infectadas. A mais temível das infecções é a pneumonia, quando as bactérias atacam os pulmões, que é uma doença grave que necessita de socorro médico. Em crianças e idosos, as pneumonias podem levar a morte (Böhm, 2007).

Alguns poluentes são cancerígenos, principalmente os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Contudo, junto com outros cancerígenos, como o cigarro por exemplo, aumentam a incidência do câncer pulmonar que, geralmente, não tem cura (Böhm, 2007).

Abaixo segue a definição e como surgem alguns poluentes e seus efeitos na saúde, que são considerados por Böhm os principais:

- **Monóxido de Carbono**

O monóxido de carbono (CO) é um gás inodoro, incolor, insípido produzido por queima incompleta de combustíveis que contém átomos de carbono. Sua toxicidade foi uma das primeiras a ser intensamente investigada e, portanto, é bem conhecida. Essencialmente, trata-se de uma substância que prejudica a oxigenação dos tecidos e, por isso, é classificada como um asfixiante sistêmico.

Se 20% a 30% da hemoglobina ficarem saturados com CO, aparecem os sintomas e sinais de hipóxia (falta de oxigenação do organismo); acima de 60% de saturação, ocorrem perda da consciência e morte. A confusão mental, inconsciência e parada das funções cerebrais caracterizam as intoxicações graves pelo CO. Nos envenenamentos crônicos, há perturbações mentais, cardíacas, renais e hepáticas, principalmente. Entretanto, é importante saber que nas intoxicações agudas ou crônicas, se a vítima não mais respirar CO e, desse modo, a concentração de carboxihemoglobina se mantiver estável, a hemoglobina lentamente se livra desse gás tóxico.

- **Óxidos de Nitrogênio**

Dois óxidos de nitrogênio (NOx) são importantes na poluição do ar: o monóxido de nitrogênio (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>). Esses poluentes são formados, principalmente nas câmaras de combustão de motores de veículos onde, além do combustível, há ar que contém grandes quantidades de nitrogênio e oxigênio que, devido à altíssima temperatura existente, combinam formando os NOx.

O NO, se permanecesse puro, seria um gás praticamente inofensivo e não representaria perigos à saúde. Entretanto, ele se oxida facilmente para NO<sub>2</sub> que é um gás invisível, de odor característico e muito irritante. A pessoa atingida sente imediatamente ardência nos olhos, no nariz e nas mucosas em geral. Como veremos há vários outros gases irritantes que causam os mesmos sintomas.

O NO<sub>2</sub> reage com todas as partes do corpo expostas ao ar, pele e mucosas, e provoca lesões celulares. Os epitélios (revestimentos celulares) que mais sofrem são aqueles das vias respiratórias, por serem mais sensíveis do que a pele ou os epitélios da boca e da farínge, e, portanto, ocorrem degenerações celulares e inflamações no sistema respiratório, desde o nariz até à profundidade dos alvéolos pulmonares.

Em caso de intoxicação grave, instalam-se edema pulmonar, hemorragias alveolares e insuficiência respiratória, causando morte. Se a exposição for aguda, porém não fatal, ou houver inalação crônica de doses nocivas, teremos doenças respiratórias de vários tipos, dependendo da intensidade e duração da exposição. A mais branda será uma inflamação passageira das mucosas das vias respiratórias. Seguindo em ordem crescente de gravidade aparecerão: traqueítes e bronquites crônicas, enfisema pulmonar (dilatação anormal dos alvéolos), espessamento da barreira alvéolo-capilar (dificuldades nas trocas gasosas que ocorrem nos pulmões:  $\text{CO}_2$  por  $\text{O}_2$ ) e broncopneumonias químicas ou infecciosas.

- **Dióxido de Enxofre**

Trata-se de um gás amarelado, com o odor característico do enxofre e terrivelmente irritante. O problema é que, em contato com superfícies úmidas, transforma-se em ácido sulfúrico. A intoxicação aguda e fatal por dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) causa queima as vias respiratórias, desde a boca e o nariz até aos alvéolos. A destruição é marcada por inflamação, hemorragia e necrose dos tecidos.

As quantidades de  $\text{SO}_2$  lançados no ar, sobretudo pelos canos de escapamentos de ônibus e caminhões, provocam irritações discretas mas importantes em longo prazo. Se o nível do gás for alto, as pessoas sentem ardência nos olhos, nariz e garganta e, por vezes, tosse.

- **Hidrocarbonetos**

Os hidrocarbonetos (HCs) constituem uma grande família de substâncias orgânicas, compostas de hidrogênio e carbono. Os combustíveis fósseis, a gasolina e o óleo diesel têm centenas de HCs, alguns formados por longas cadeias de carbono. Na queima dos combustíveis fósseis a situação persiste: os gases de emissão da gasolina e do óleo diesel contém muitos HCs distintos, entre eles uma família especial, a dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Dá-se o nome de aromáticos a todos os compostos orgânicos que têm núcleo benzênico (benzeno) na molécula e chamam-se de cíclicos aqueles compostos que apresentam mais de um anel em sua estrutura, por exemplo o antraceno, que tem 3 anéis. HPAs são, pois, compostos orgânicos de carbono e hidrogênio que possuem mais de uma estrutura em anel e, pelo menos, um núcleo benzênico.

Muitos HCs não têm efeitos sobre a saúde, a não ser em concentrações altíssimas que nunca ocorrem nas poluições atmosféricas. Entretanto, existem HCs que são perigosos por serem irritantes, por agirem sobre a medula óssea provocando anemia e leucopenia, isto é, diminuindo o número de glóbulos vermelhos e brancos, e, sobretudo, por provocarem câncer. Os mais ativos são os HPAs e suas potencialidades neoplásicas ou carcinogênicas - a capacidade de induzirem câncer - foram e são intensamente investigadas.

- **Aldeídos**

Aldeídos são compostos químicos resultantes da oxidação parcial dos álcoois. Assim, o álcool metanol ao perder um átomo de hidrogênio dá origem ao aldeído fórmico e o etanol, ao acético. Na temperatura ambiente o aldeído fórmico (AF) é um gás incolor e de cheiro muito agressivo. O que se encontra como formol no comércio é a solução aquosa de AF. Na Medicina é usado como desinfectante de salas cirúrgicas ou outras, e pelos anatomistas e patologistas para preservarem tecidos, órgãos ou cadáveres. O AF também é muito consumido na indústria da madeira, de plásticos e de vernizes.

O aldeído acético (AA) é um líquido a 21°C e acima desta temperatura transforma-se em gás. É explosivo, incolor e de cheiro característico, desagradável quando em altas concentrações. No contexto da poluição do ar, os aldeídos interessam por causa do combustível álcool usado em automóveis.

Os aldeídos emitidos pelos carros são o AF e o AA. O AF é componente dos gases de escapamento e é emitido em quantidades muito pequenas. O que polui o ar em quantidades maiores é o AA. Sua permanência na atmosfera é curta porque é extremamente reativo, transformando-se em outros compostos. Para efeitos biológicos, o AA é classificado como irritante e narcótico. Em altas doses e se injetado no organismo, este solvente também se mostra cancerígeno.

- **Material Particulado**

As fábricas e todos os veículos a motor enchem a atmosfera com material particulado (MP). Os caminhões e ônibus a diesel lançam ao ar gases e MP; esse constitui a maior parte da massa da exaustão de seus motores. 80% da MP é fuligem, a fumaça negra que se vê saindo pelos canos de escapamento. O MP não é uma substância, mas um complexo muito grande de elementos que se agregam em partículas.

No caso da fuligem, a maior parte da partícula é constituída por carvão, que não causaria por si grandes danos ao organismo; contudo, acontece que há uma tendência das outras substâncias existentes no ar a se aderirem à partícula, e aí que começa o problema do sistema respiratório.

Na atmosfera, em qualquer ar por mais limpo que seja, existe poeira. São partículas de diversos tamanhos: se muito grandes caem logo ao solo pela força da gravidade, se menores flutuam no ar e podem ser inalados pelos seres vivos. No homem essas são retidas nas vias respiratórias superiores, porém, algumas partículas muito pequenas (menores do que 10  $\mu\text{m}$ ), penetram até a intimidade do pulmão e depositam-se nos alvéolos.

- **Chumbo**

O Chumbo (Pb) é um metal pesado que se adiciona à gasolina em forma de tetra- etila ou tetrametila de Pb, a fim de aumentar a octanagem desse combustível. Até há poucos anos, a cada litro de gasolina acrescentava-se em torno de 1g de Pb e os gases de escapamento liberavam praticamente toda essa quantidade de Pb no ar. Como se trata de um metal pesado, ao ser lançado na atmosfera pelo escapamento, uma pequena parte pode ser respirada por seres vivos, porém todo o resto precipita-se rapidamente ao solo contaminando águas, alimentos, pastagens, enfim tudo que existe. Desta forma, além de entrar no organismo por inalação, o Pb também penetra por ingestão de alimentos contaminados,

Esse metal afeta principalmente o sangue, o sistema nervoso, os rins e o aparelho gastrointestinal. No sangue causa anemia e uma degeneração das hemácias. No sistema nervoso verificam-se neurites nos adultos e encefalopatias nas crianças. Lesões dos túbulos proximais caracterizam o acometimento renal e, finalmente, a sintomatologia da intoxicação por Pb do aparelho digestivo é expressa por dores violentas em cólica.

- **Oxidantes Fotoquímicos**

A luz solar causa uma série de reações entre as substâncias existentes na atmosfera que são chamadas de reações fotoquímicas. Os produtos que resultam dessas reações são milhares e são divididos em categorias. Aqueles compostos que são resultantes da ação do luz solar e de oxidações químicas foram denominados de oxidantes fotoquímicos (OFs). Os principais são: ozônio, aldeídos, cetonas e peróxidos.

O ozônio ( $O_3$ ) é considerado o oxidante fotoquímico mais importante e é muito irritante. Nitrato de peroxiacetil PAN,  $O_3$ , aldeídos e outros oxidantes fotoquímicos formam o famoso "smog" fotoquímico, parte daquela nuvem marrom-avermelhada em dia quente de inverno que irrita os olhos e a garganta. Sua ação tóxica deve-se, principalmente, à capacidade de oxidar proteínas, lipídios e outras substâncias químicas integrantes das células, lesando ou matando as mesmas, dependendo da concentração e do tempo de exposição. Assim, os oxidantes fotoquímicos agravam a ação irritante dos outros poluentes e intensificam as inflamações e infecções do sistema respiratório (Böhm, 2007).

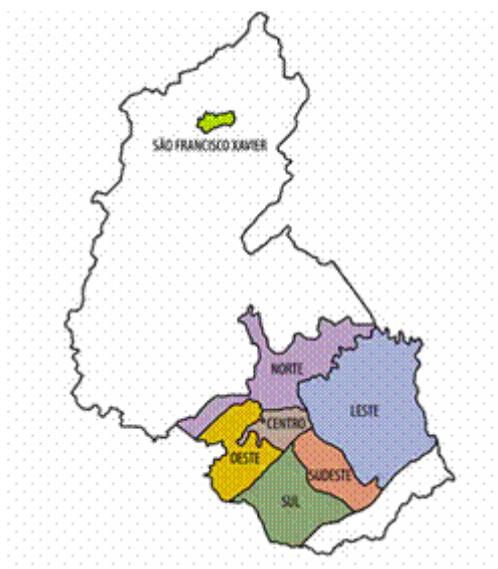
## CAPÍTULO 3

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo

O município de São José dos Campos (23° 10'47'' S, 45° 53'14 O) possui área total de 1099,60 km<sup>2</sup>, altitude média de 600m e clima mesotérmico úmido, com estação seca no inverno e chuvosa no verão (PMSJC, 2006).

A cidade possui dois distritos, figura 4, e é dividida em regiões geográficas conforme demonstra a figura 5.



Fonte: PMSJC - <http://www.sjc.sp.gov.br/acidade/regioes.asp>

**Figura 4:** Distritos de São José dos Campos

**Figura 5:** Regiões Geográficas de São José dos Campos

São José dos Campos é a sétima maior cidade do estado de São Paulo, Brasil. Localizado no Vale do Paraíba, São José dos Campos é um importante tecnopólo de

material bélico, metalúrgica e sede do maior complexo aeroespacial da América Latina. Aqui estão instaladas importantes multinacionais como Philips, Panasonic, Johnson & Johnson, General Motors (GM), Petrobras, Ericsson, Monsanto, a sede da Embraer entre outras. No setor aeroespacial destaca-se o CTA, o INPE, o IEAV, o IAE e o ITA.

São José dos Campos é servida por uma ampla malha rodoviária, que permite um rápido acesso à capital paulista, Rio de Janeiro, Litoral Norte e Serra da Mantiqueira. A BR-116 - Rodovia Presidente Dutra - divide São José dos Campos ao meio, cortando a cidade no eixo sudoeste-nordeste e é a principal via de acesso ao município.

Com mais de 900 indústrias, rodovias de grande movimento no perímetro urbano, e uma frota de cerca de 230 mil veículos (e crescendo), São José sofre atualmente com graves problemas de poluição.

### **3.2 Coleta de Dados**

As espécies foram expostas entre 11 de maio e 02 de outubro de 2006 (período seco) em 29 pontos, distribuídos sistematicamente de modo a cobrir todo o perímetro urbano do município e o distrito de São Francisco Xavier (uma APA na Serra da Mantiqueira).

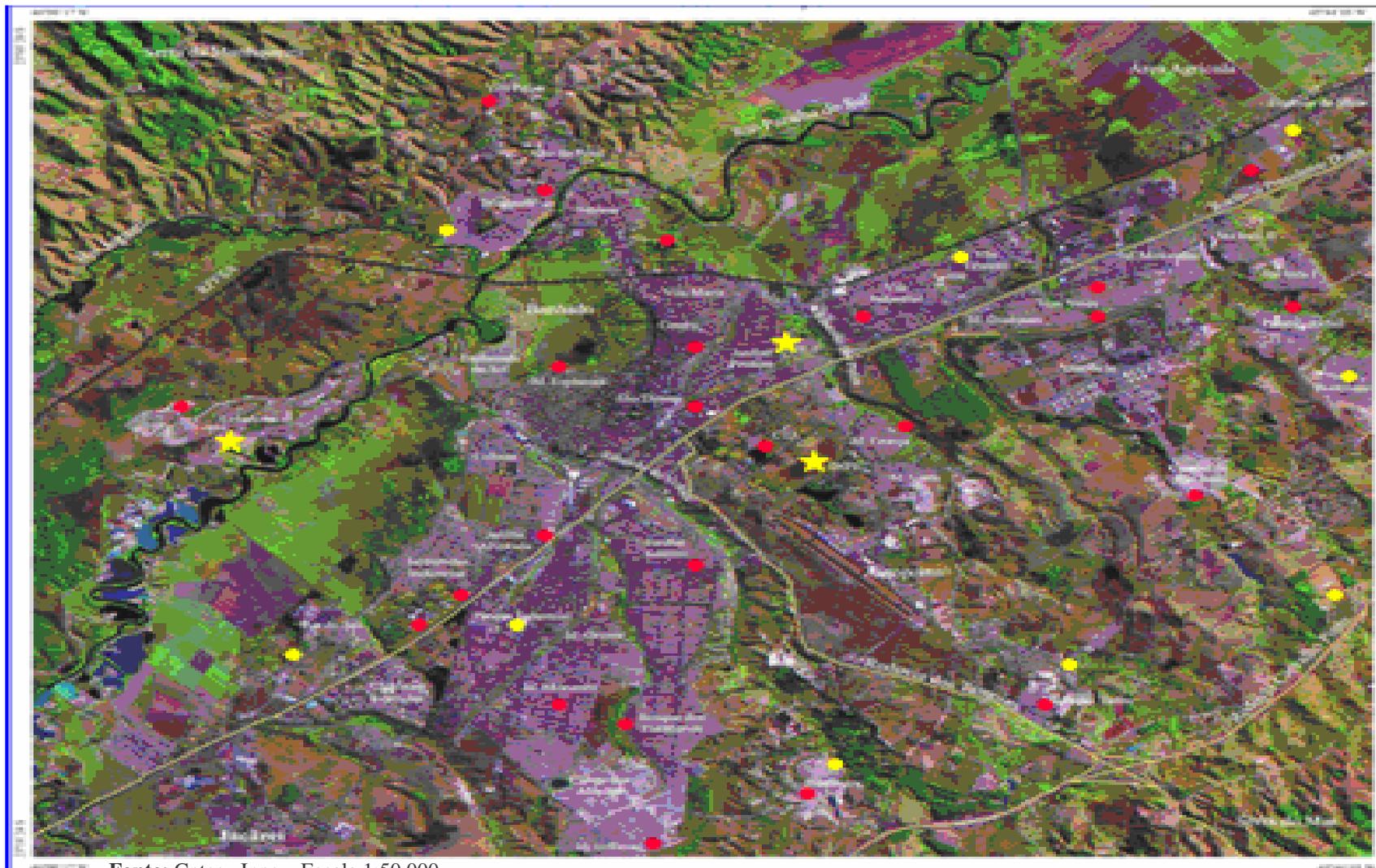
Após seleção dos pontos, foi proposto às Escolas Municipais, Estaduais e também as Unidades Básicas de Saúde mais próximas, parceria para a execução do projeto. Participaram 7 Escolas Municipais, 6 Escolas Estaduais, 8 Unidades Básicas de Saúde (UBS's) e outras 8 instituições (INPE, CTA, UNIVAP – Universidade do Vale do Paraíba, UNIP – Universidade Paulista, Estação Cetesb e 3 escolas particulares). O envolvimento das escolas foi importante para viabilizar e dar continuidade ao projeto através de Programas de Educação Ambiental e a parceria com a Secretaria de Saúde, para sensibilização dos profissionais da necessidade de um banco de dados com indicativos dos efeitos da poluição atmosférica na saúde da população.

Em cada um dos pontos foram instaladas duas floreiras com a espécie *Tradescantia pallida*, que receberam o mesmo substrato e foram posicionadas no local de melhor ventilação possível. A manutenção das espécies foi feita através de rega três vezes durante a semana, com a mesma água para todos os pontos. As espécies utilizadas no projeto foram cedidas pelo Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da USP, sob supervisão do professor Paulo Saldiva. As mudas

foram produzidas em estufas no município de Caucáia do Alto em São Paulo, num local isento de poluição.

Para a quantificação dos micronúcleos, foram coletadas semanalmente todas as inflorescências apresentadas, mantendo-as em solução de álcool e ácido acético (3:1) até o momento da análise.

A figura 6 mostra o mapa de São José dos Campos com os pontos de monitoramento.



Fonte: Cptec -Inpe - Escala 1:50.000

**Figura 6** - Pontos selecionadas para a exposição das plantas.

O termo inflorescência se refere à fase pré-floração (botão) da espécie, figura 7.



**Figura 7:** Fase pré-floração da espécie *tradescantia Pallida*

A quantidade de inflorescências coletadas em cada ponto foi variável, pois o intervalo de 1 semana entre coletas, muitas vezes ocasionou perdas devido à rápida floração. Uma vez ocorrida a floração a identificação dos micronúcleos é dificultada pois a fase de tétrade foi ultrapassada. A fase da inflorescência é a correta para observação dos MCN.

### 3.3 Procedimento de Análise

Para se iniciar a análise é necessário verificar o tempo que às inflorescências estão em solução de álcool e ácido acético (3:1). As inflorescências devem permanecer em um tempo mínimo de 24 horas e em um período máximo de dois meses na solução para que a análise seja realizada.



**Figura 8:** Pote com solução (1:3) de ácido acético e álcool.



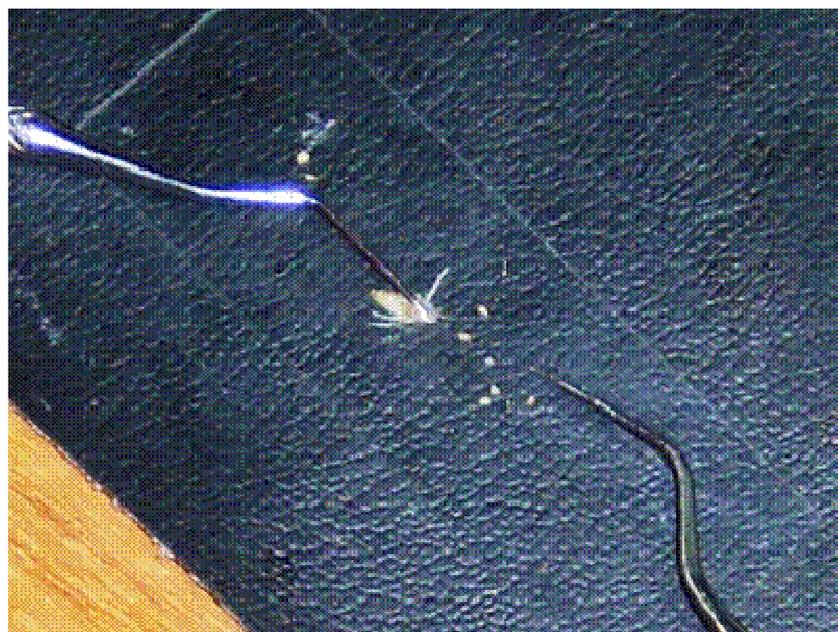
**Figura 9:** Inflorescência após tempo mínimo de vinte quatro horas na solução.

Após 24 horas as inflorescências podem ser analisadas, devem ser retiradas com uma pinça e separadas de modo a ser possível a identificação de quatro conjuntos. Dois botões maiores e dois conjuntos de gomos menores. Cada um dos dois gomos pequenos é formado por um conjunto de três botões: pequeno, médio e grande (figura 10).



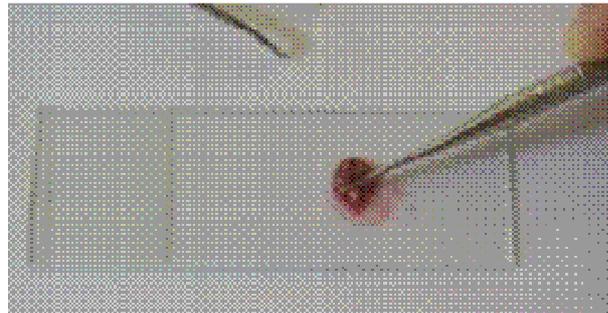
**Figura 10:** Divisão dos gomos e botões da inflorescência, sendo que através de dois gomos são obtidos três ou mais botões (quatro botões á direita e a três a esquerda da figura) e dois botões grandes ao centro da figura

Deve ser selecionado apenas um dos botões que estavam dentro dos dois gomos que foram separados três ou mais botões. Como definição da metodologia o primeiro botão a ser selecionado é o maior dos médios (do lado direito ou esquerdo), sem descartar os demais, e então transportado para a lâmina, aberto com cuidado para não macerar o material interno que será utilizado, como demonstrado na Figura 11.



**Figura 11:** Botão da espécie *tradescantia pallida* sendo manuseado para extração do material interno.

Após a retirada deste material devem-se limpar as debris e aplicar o carmim. Após a aplicação do carmim o material é macerado com as sondas, figura 12, e então levado ao microscópio para analisar em que fase do desenvolvimento o grão de pólen se encontra. É importante relatar que se o botão analisado primeiramente não estiver na fase tétrade, outros botões desta mesma inflorescência devem ser analisados até que a fase tétrade seja encontrada (quando a fase tétrade não é visível é porque o botão é novo demais ou velho demais).



**Figura 12:** Aplicação do carmim e maceração

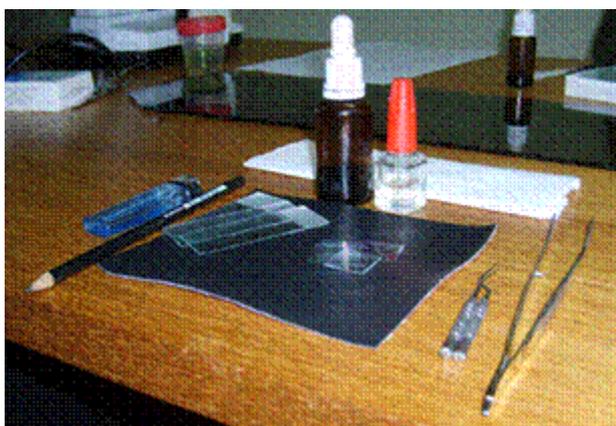
Essa identificação da idade do botão é importante para facilitar a localização das tétrades, pois se o botão médio está velho (visualizando-se as tétrades sem a presença do núcleo ou até mesmo somente células dispersas também sem núcleos com aspecto translúcido amarelado) devemos procurar no botão mais novo, menor ao botão analisado anteriormente, e caso contrário se o botão for muito novo (em fase de evolução, meioses ou célula unitárias) passaremos a buscar as tétrades no botão maior ao analisado anteriormente.

Depois de encontrada a fase a tétrade deve-se retirar o material grosso presente na lâmina com cuidado para não retirar o carmim junto, pois as células em fase de tétrade ficam contidas no carmim, em seguida a lamínula deve ser colocada sobre o líquido da lâmina, esta deve ser aquecida rapidamente (para melhor fixação do carmim nas células) e então está preparada para a contagem de tétrade. Se for necessário o armazenamento, um esmalte incolor deve ser passado nas bordas da lamínula para lacrar o material e manter sob refrigeração, contendo um prazo de validade em torno de um mês.

Depois de preparada a lâmina levar ao microscópio (40X) e iniciar a contagem da quantidade de micronúcleos por tétrades para cada lâmina. Devem ser observadas pelo menos 300 tétrades. Em cada tétrade, observar se há presença ou não de MCN, no caso da presença este deve ser contado e anotado em uma planilha.

- **Material utilizado para o procedimento da análise**

Os materiais utilizados são apresentados nas figuras a seguir onde na figura 13, da esquerda para a direita, há um isqueiro (utilizado para aquecer a lâmina), um lápis (para anotações na planilha), o corante carmim (para melhor visualização das células no microscópio), lamínulas de 20x20mm e lâminas tamanho padrão (para manuseio e efetuação das análises), sondas exploradoras e pinças (para manuseio do material). E na figura 14, um microscópio binocular com lentes de aumento de 10X e 40X, necessário para a realização das análises.



**Figura 13:** Materiais necessários para análises de MCN



**Figura 14:** Microscópio binocular utilizado para contagem da tétrade e para as análises de MCN

### **3.4 Procedimento Para Geração do Mapa de Distribuição da Frequência de Micronúcleo**

Com visita aos pontos em que a *Tradescantia pallida* foram instaladas, 29 dados geográficos foram gerados através da utilização de um GPS - Sistema de Posicionamento Global e introduzidos no software SPRING desenvolvido pelo INPE, Instituto de Pesquisas Espaciais. O SPRING é um SIG (Sistema de Informações Geográficas) com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais (INPE, 2007). Este se encontra disponibilizado no site do INPE. Após inserir os dados de taxas de MCN no software SPRING, foi gerado uma grade utilizando um interpolador de média ponderada, criando um zoneamento com diferentes escalas, gerando assim o mapa.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS

A frequência de MCN foi calculada dividindo o número total de micronúcleos pelo total de tétrades e expresso em %. Os resultados apresentam variabilidade entre os 29 pontos e também em relação ao período de coleta. Numa primeira abordagem, os pontos foram agrupados segundo Regiões Administrativas do Município e os resultados são apresentados na tabela 2. As maiores médias correspondem às Regiões Norte e Centro, áreas com intenso trânsito de veículos. Esses valores são compatíveis com os citados em Carreras et al (2006) onde a frequência de MCN em 3 pontos da Cidade de Córdoba, Argentina, mostra valores entre  $2,4 \pm 2,08$  (área mais afastada do centro) e  $4,2 \pm 2,6$  (região central da cidade). A região leste vem em terceiro lugar, pois nessa região se encontra a Refinaria Roberto Lage da Petrobrás.

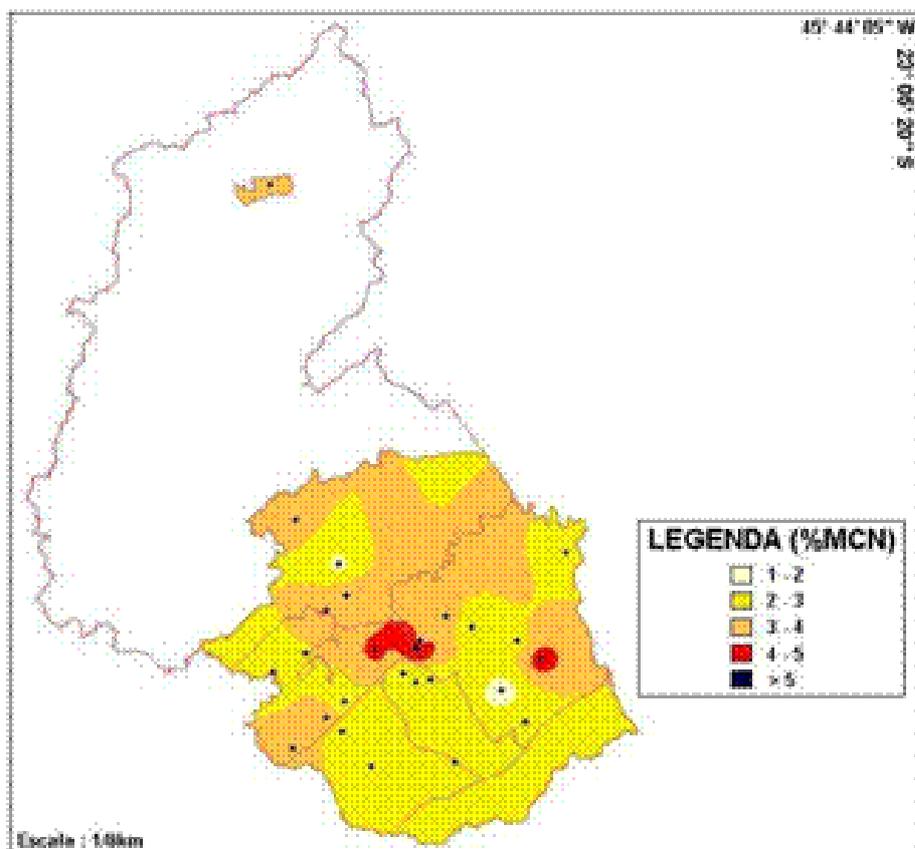
**Tabela 2** – Resultados referentes à utilização da *Tradescantia pallida* - Campanha de Biomonitoramento 2006, em São José dos Campos – SP.

Região Administrativa	Nº de pontos com exposição da <i>Tradescantia</i>	Nº de inflorescências analisadas	% média de MCN ( $\pm$ SD)	Valor Máximo	Valor Mínimo
Sudeste	2	27	$2,34 \pm 0,37$	7,3	0,3
Sul	3	29	$2,60 \pm 0,40$	8,3	0,3
Oeste	7	108	$2,74 \pm 0,26$	15,0	0,3
Leste	8	169	$2,84 \pm 0,29$	41,0	0,3
Norte	5	76	$3,24 \pm 0,26$	9,0	0,3
Centro	4	65	$3,96 \pm 0,87$	42,0	0,3

Em São Paulo, a frequência de micronúcleos reportada em Sant'Anna (2003) apresenta valores médios entre  $5,6 \pm 0,7$  e  $7,1 \pm 1,0$ , em dois bairros considerados altamente poluídos, Cerqueira César e Congonhas. Apesar da apresentação de médias compatíveis com a literatura, foram identificadas inflorescências com contagem de

MCN acima de 10 em 40% dos pontos, e, num dos pontos mais afastado do perímetro urbano, o Distrito de São Francisco Xavier, foi encontrado até 7,3 % de MCN. Não foi observado nenhum padrão de comportamento típico dos pontos, com os valores máximos e mínimos distribuídos aleatoriamente entre os meses pesquisados. Isso sugere fortes influências locais, que deverão ser estudadas.

A figura 15 mostra o valor médio de MCNs sobre o mapa de São José dos Campos, utilizando o processo de interpolação de média ponderada do software Spring 4.3.2, desenvolvido pelo Inpe e disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring>. A região em branco no mapa corresponde à área rural, onde não houve exposição da *Tradescantia*. O mapa apresenta uma nítida separação entre as áreas norte e sul da cidade coincidente com a localização da Rodovia Presidente Dutra. Existem duas regiões de maior concentração, sendo a maior delas localizada na região central da cidade, associada ao tráfego veicular, e outra na região leste próximo à Refinaria Henrique Laje da Petrobrás. Esses resultados confirmam o que já seria esperado e ressaltam a eficiência da metodologia utilizada.



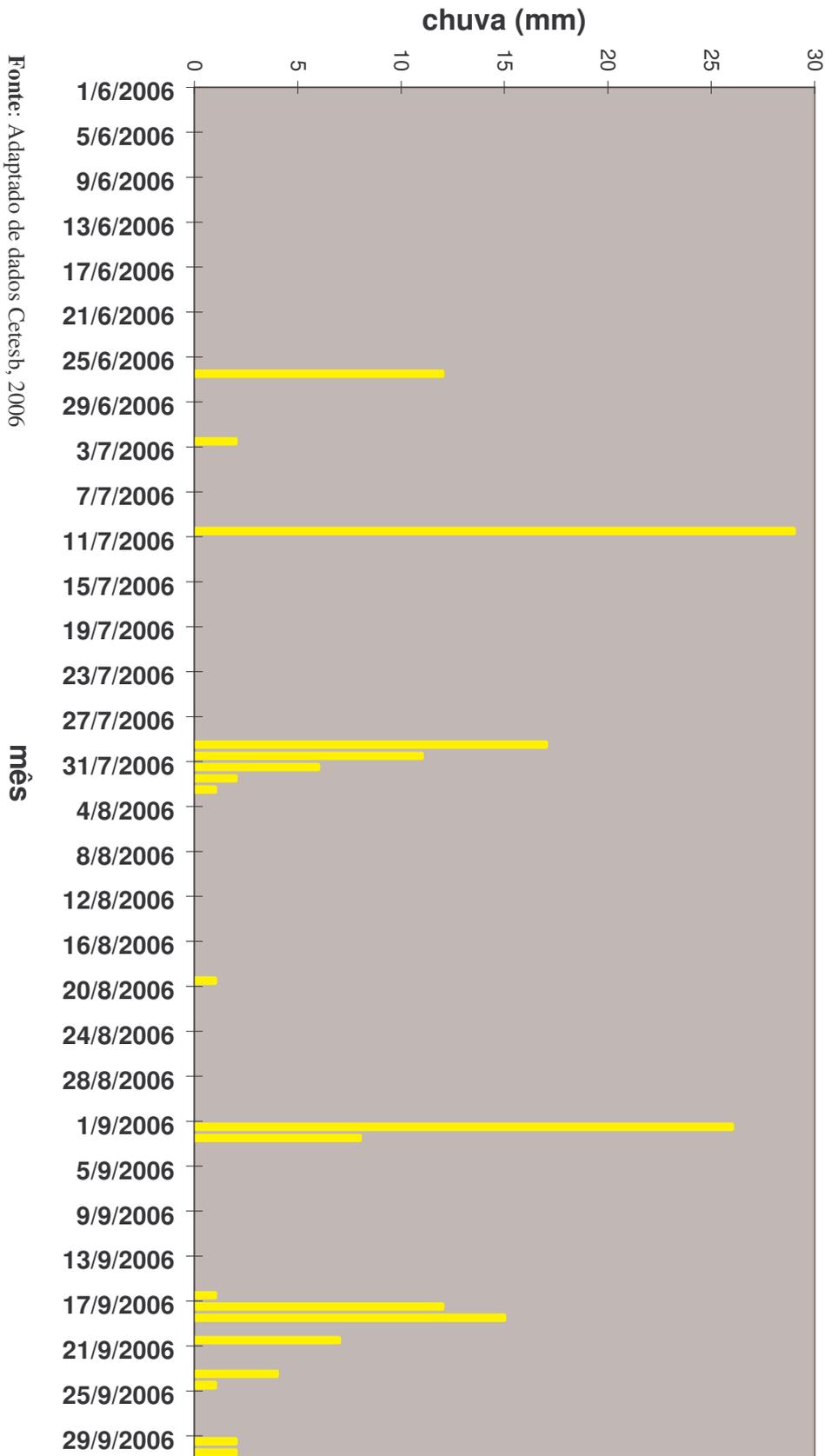
**Figura 15** – Mapa da Distribuição da frequência de MCN(%) na área urbana do Município de São José dos Campos- SP. Resultados referentes à Campanha de Biomonitoramento em 2006, utilizando a *Tradescantia pallida*.

O Distrito de São Francisco Xavier, o ponto mais ao norte, está localizado a cerca de 50 km da região urbana, em área de proteção ambiental, numa altitude de 1700m e características naturais típicas de locais considerados isento de poluição do ar. Os resultados encontrados apresentam valor médio de  $3,6 \pm 0,6$ , que está acima do valor considerado de controle, ou de fundo, entre 2,0 e 2,3 % de MCN (Sant'Anna , 2003). Apesar de não existirem medidas na área rural, a figura 15 sugere um gradiente ascendente em direção ao Distrito de São Francisco Xavier, onde a Serra da Mantiqueira poderia atuar como anteparo da poluição exportada da área urbana de São José dos Campos. A direção predominante dos ventos, no período entre maio e setembro é ao longo do Vale do Paraíba, com predominância de ventos de Nordeste (Ambrósio, 2000), porém a penetração da brisa marítima, no período da tarde, pode ser responsável pelo transporte de poluentes em direção a São Francisco Xavier.

O gráfico 1 evidencia as baixas ocorrências de chuvas nos meses que a *tradescantia pallida* ficou exposta para estudo, isto ajuda a entender a presença do alto índice de poluentes presentes na atmosfera, levando a geração dos MCN, já que a precipitação quando ocorre auxilia na limpeza e renovação do ar.

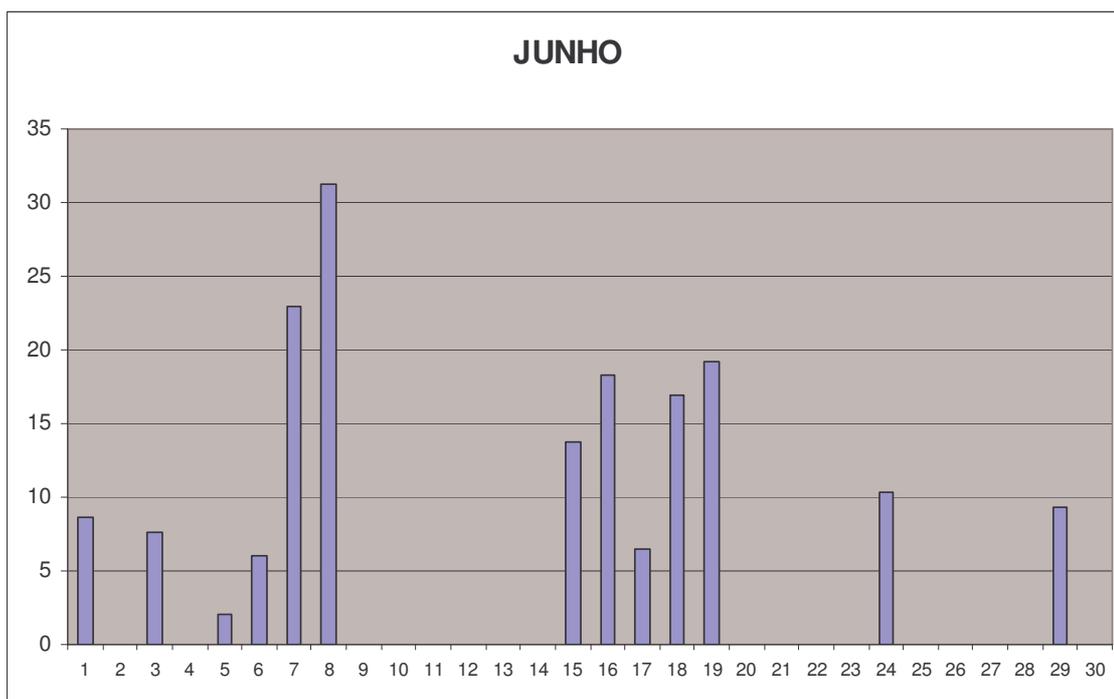
Já os gráficos 2, 3, 4 e 5 demonstram as ocorrências de MCN por ponto nos quatro meses de análises. Onde é possível observar que em alguns casos se comparar a presença de precipitação com os dados de MCN é possível ver que eles são inversamente proporcionais. Como é o caso da precipitação em agosto onde foi alta as ocorrências de MCN, é provável através do gráfico 1 que neste mês quase não houve precipitação, somente em quatro dias, não ultrapassando 5mm. A tabela utilizada para confecção dos gráficos se encontra no Anexo 1.

# Chuva Referente aos Meses de Estudos

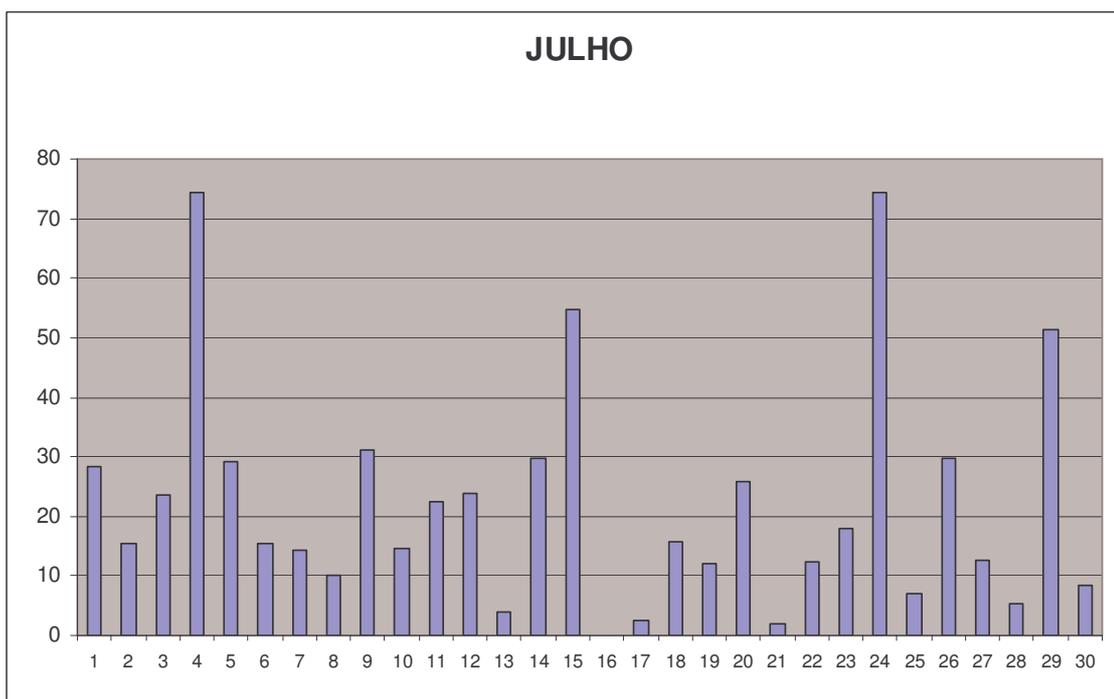


Fonte: Adaptado de dados Cetesh, 2006

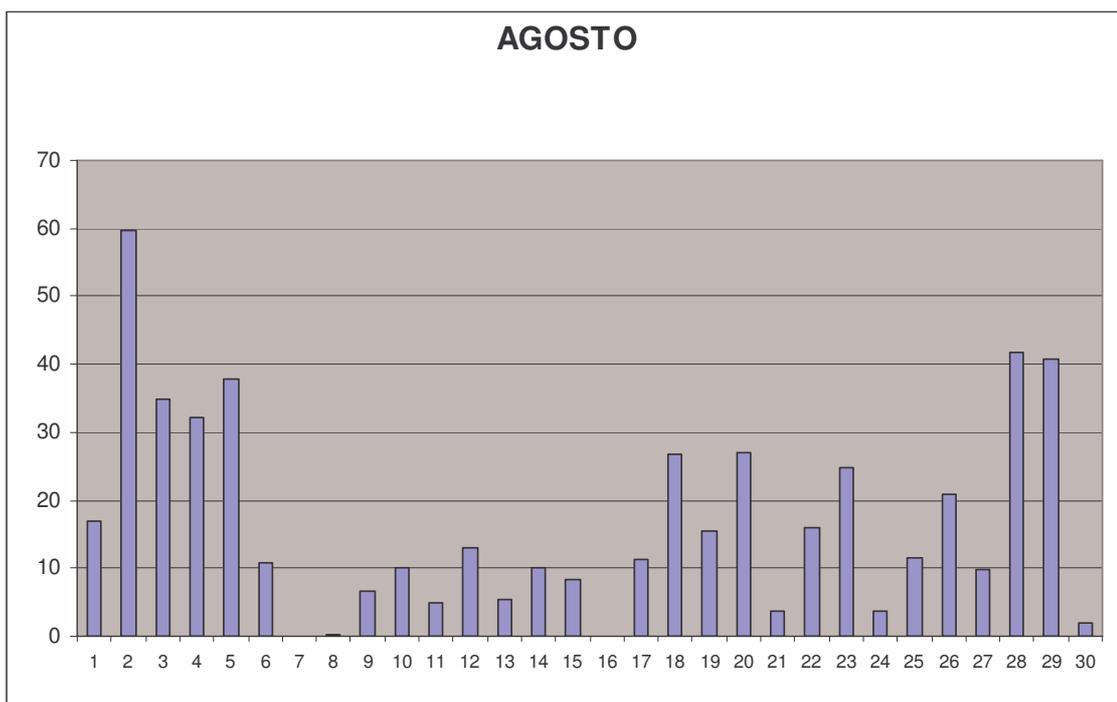
Gráfico 1: Ocorrências de precipitação nos meses de estudo



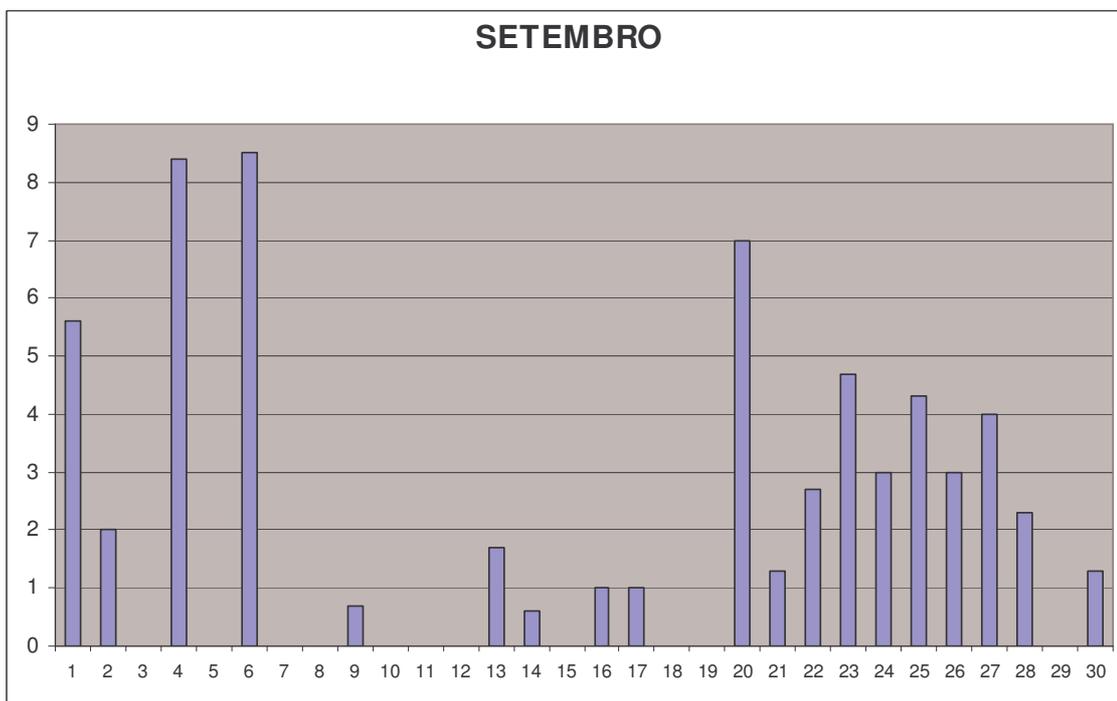
**Gráfico 2:** Ocorrências de micronúcleos do mês de junho - soma de todos os dados obtidos por ponto



**Gráfico 3:** Ocorrências de micronúcleos do mês de julho - soma de todos os dados obtidos por ponto



**Gráfico 4:** Ocorrências de micronúcleos do mês de agosto - soma de todos os dados obtidos por ponto



**Gráfico 5:** Ocorrências de micronúcleos do mês de setembro - soma de todos os dados obtidos por ponto

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÃO

A utilização do ensaio Trad-MCN mostrou-se adequado aos propósitos de primeira varredura em uma extensa área, podendo ser utilizado como monitoramento alternativo da qualidade do ar em São José dos Campos, revelando ainda a existência de um gradiente de concentração típico de dispersão de poluentes que precisa ser melhor investigado.

As regiões que obtiveram maior índice de micronúcleo, e que foram caracterizadas como regiões de maior poluição foram as regiões administrativas centro e leste. Na região centro, a de maior poluição em relação a região leste, acredita-se este alto nível de poluição ser devido ao alto fluxo de veículos que esta região possui aliado a má circulação atmosférica da região, e ao clima seco no período da análise. Na região leste, o alto índice de MCN pode ser devido a presença de grandes indústrias poluidoras na região e também associados a períodos de má circulação atmosféricas e clima seco. As demais regiões administrativas e boa parte da região leste e uma pequena parte da região central apresentaram índices mais amenos com nível de presença de micronúcleo entre 2 e 4.

O Distrito de São Francisco Xavier, apesar de distante apresentou índices médios que podem ser considerados altos se levando em consideração a região onde se encontra, afastado do grande centro urbano do município. Isto mostra que independente da região se rica ou pobre de vegetação esta sujeita também a sofrer com as problemáticas da poluição.

Apesar das fortes características de São José dos Campos, como centro urbano com altos índices de industrialização, a avaliação da qualidade do ar é feita por uma única estação de monitoramento não considerada representativa do município. Essa estação disponibiliza dados contínuos de concentração de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), material particulado (PM10) e ozônio (O<sub>3</sub>). 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<sup>-3</sup>), 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.

A necessidade de continuidade desta pesquisa no município revela-se extremamente importante tanto para confirmação da veracidade dos dados obtidos na campanha de 2006, como para definir regiões com os maiores índices de mutações, levando assim a ações que minimizem e controlem os níveis de poluentes atmosféricos. Também seria importante correlacionar os dados de atendimentos em postos médicos por doenças respiratórias com a presença de poluentes atmosféricos, bem com um estudo mais aprofundado dos poluentes predominantes no município, conhecendo-se os níveis e os poluentes emitidos por cada indústria, tanto do município como de municípios vizinhos que possam vir a influenciar a atmosfera de São José dos Campos.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Ambrósio, N.D. 2000. *Avaliação da Poluição Industrial Atmosférica e o Planejamento Urbano*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Vale do Paraíba, 150p.

Böhm, G. M. **Poluição Atmosférica - Doenças causadas pela poluição atmosférica**. Disponível em: <http://www.saudetotal.com/artigos/meioambiente/poluicao/spdoencas.asp>. 15 de julho de 2007

Braga, B., et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305p.

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.

CETESB. 2006. **Relatório de qualidade ambiental do Estado de São Paulo, 2005**. São Paulo: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br).

Gonçalves, F. L. T. ; Carvalho, L M ; Conde, F. C ; Latorre, M. R. D.; Saldiva, P. H. N.; Braga, A. L. F. **The Effects of Air Pollution and Meteorological Parameters on Respiratory Morbidity During the Summer in São Paulo City**. *Environment International*, v. 31, n. 3, p. 343-349, 2005.

Hesketh, H. E. **“Understanding and Controlling Air Pollution”**, Ann Arbor Science Publishers, Inc., 1972

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>.

Nascimento. P. S. R. **Aspectos geomorfológicos do município de São José dos Campos (SP): ênfase na área urbana**. Jataí – GO, 2005. Texto Disponível: [www.jatai.ufj.br/geo/geoambiente.htm](http://www.jatai.ufj.br/geo/geoambiente.htm), 31/05/2006

Sant'Anna, E.T.G. 2003. **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.

Williamson, S. J. **The Atmosphere. Fundamentals of air pollution**, 328p.

**O que é o SPRING?** Disponível em:

<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html> 15/07/2007

**Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo, Cetesb, 2006** disponível em:

<http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/relatorios.asp> 15/07/2007

**São José dos Campos**, Disponível em:

[http://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o\\_Jos%C3%A9\\_dos\\_Campos#Hist.C3.B3ria](http://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Jos%C3%A9_dos_Campos#Hist.C3.B3ria),  
15/07/2007

**SPRING 4.3.3**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring>

## ANEXO I

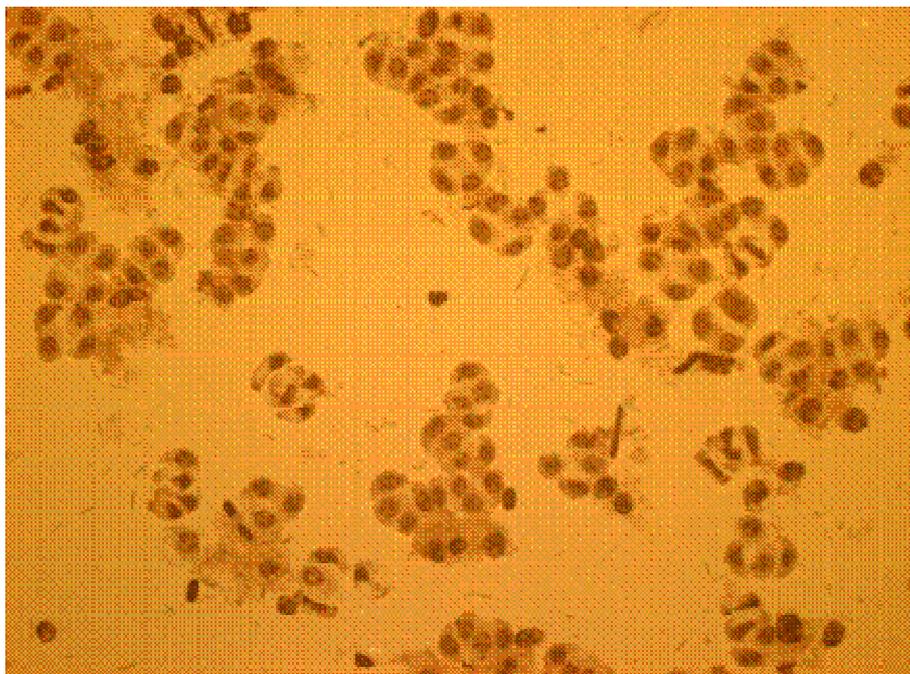
**TABELA COM DADOS UTILIZADOS PARA A CONFECÇÃO DOS GRÁFICOS 2, 3, 4 E 5.**

		junho	julho	agosto	setembro
Paraíso do Sol	1	8,60	28,30	17,00	5,60
Novo Horizonte	2		15,30	59,70	2,00
Vila Tesouro	3	7,60	23,50	35,00	
Vila Industrial	4		74,40	32,20	8,40
Univap – Centro	5	2,00	29,30	37,90	
Univap – Urbanova	6	6,00	15,30	10,80	8,50
Jd Aquarius	7	23	14,3		
Jd das Indústrias	8	31,2	10,2	0,3	
Limoeiro	9		31,2	6,7	0,7
Pq Industrial	10		14,60	10,00	
Jd Colonial	11		22,50	5,00	
Bosque	12		23,90	12,90	
Andrômeda	13		4,00	5,30	1,70
São Judas	14		29,80	10,00	0,60
Alto Santana	15	13,70	54,60	8,30	
Vila Dirce	16	18,30			1,00
Vila Paiva	17	6,50	2,60	11,30	1,00
Freitas	18	16,90	15,60	26,70	
SãoFcoXavier	19	19,20	12,00	15,50	
Galo Branco	20		25,90	27,10	7,00
Vista Verde- AH	21		2,00	3,60	1,30
Vista Verde - WF	22		12,30	16,00	2,70
INPE	23		18,00	24,70	4,70
CTA	24	10,30	74,30	3,60	3,00
Jd da Granja	25		6,9	11,6	4,3
Cajurú	26		29,70	21,00	3,00
Cp de São José	27		12,60	9,90	4,00
Cetesb	28		5,3	41,7	2,3
Casa Luaê	29	9,30	51,40	40,80	
UNIP	30		8,30	2,00	1,30

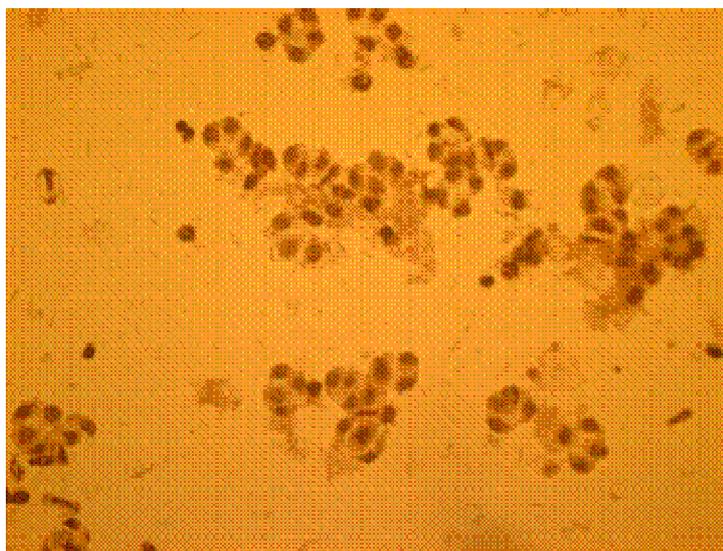
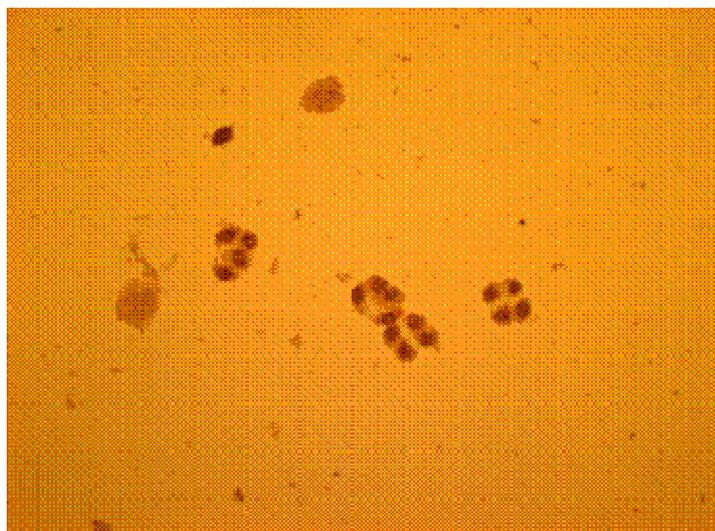
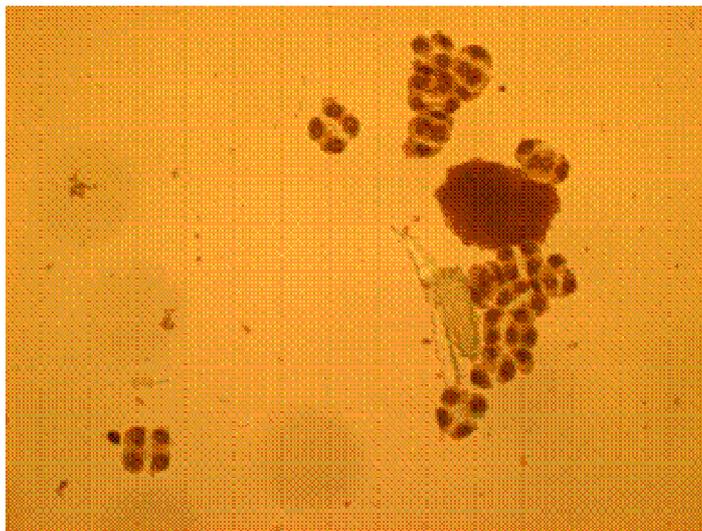
## ANEXO II

EXEMPLO DE VISUALIZAÇÃO DAS LAMINAS ATRAVÉS DO  
MICROSCÓPIO AUMENTO DE 40X, EM FASE TÉTRADE

JUNHO/2006



**FIGURAS REFERENTES AO MÊS DE JUNHO DE 2006 – PONTO CETESB**



**FIGURAS REFERENTES AO MÊS DE MAIO DE 2006 – UTILIZADAS  
PARA TREINO**

