



**CETESB**

**COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**

**ESTUDO INVESTIGATIVO  
DA OCORRÊNCIA DE OZÔNIO  
TROPOSFÉRICO POR MEIO DE  
BIOMONITORAMENTO, NO  
MUNICÍPIO DE CABREÚVA - SP**

**SÃO PAULO**

**2006**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)**

R      Estudo investigativo da ocorrência de ozônio troposférico por meio de biomonitoramento no município de Cabreúva - SP / Rodrigo C. Fialho [et al.].

São Paulo : CETESB, 2006.  
21 p. + ap. : il. ; 30 cm.

1. Ozônio troposférico – biomonitoramento 2. Ozônio troposférico – mapeamento 3. Cabreúva – ocorrência de ozônio 4. Ar – poluição. 5. Biomonitoramento – tabaco 6. Ar – AOT40 7. Ar – Qualidade 8. Cabreúva – biomonitoramento do ar 9. I. Fialho, Rodrigo Coelho II. Sousa, José Bezerra III. Lemos, Mara Magalhães Gaeta. IV. Gallo, Gilmar Issa. V. Barbosa Jr, Rui dos Santos.

## **Edição**

**Diretoria de Engenharia, Tecnologia e Qualidade Ambiental**

*Eng. Lineu José Bassoi*

**Departamento de Tecnologia do Solo, Águas Subterrâneas e Resíduos Sólidos**

*Eng. Eduardo Luiz Serpa*

**Divisão de Qualidade do Solo, Águas Subterrâneas e Vegetação**

*Biól. Dorothy Carmen Pinatti Casarini*

**Coordenação Técnica :**

*Biol. Rodrigo Coelho Fialho*

**Elaboração Técnica :**

*Biól. Rodrigo Coelho Fialho*

*Fís. José Bezerra de Sousa*

*Biól. Mara Magalhães Gaeta Lemos*

*Biól. Gilmar Issa Gallo*

*Estag. Ruy dos Santos Barbosa Júnior*

**Colaboração :**

*Eng. Agron. Elaine Cristina Ruby*

*Biól. Janine Bergmann*

*Biól. Marise de Castro*

*Anal. Sist. Masayuki Kuromoto*

*Met. Clarice Ayko Muramoto*

*Agência Ambiental de Jundiaí – CBJ*

*Departamento de Tecnologia do Ar - ET*

*Divisão de Tecnologia de Avaliação da Qualidade do Ar - ETQ*

*Setor de Interpretação de Dados - ETQI*

*Setor de Telemetria - ETQT*

**Agradecimentos :**

*Prefeitura Municipal de Cabreúva*

*Donizete Carvalho – Prefeitura de Cabreúva*

*Escolas da Rede Municipal e Estadual de Cabreúva, onde foram expostas as plantas*

*Pesqueiro Itupeva*

*Pesqueiro Royal Fish*

*Fundação A. A. Cintra Goldinho*

*Dr. Verne Sisson (Universidade da Carolina do Norte)*

*Met. Carlos Ibsen V. Lacava*

*Quím. Jesuíno Romano*

*Setor de Operação e Manutenção de Transportes – AAAT*

**Distribuição :** CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros

Tel. 3030.6000 - CEP 05489-900 - São Paulo/SP - Brasil

**Endereço Internet:** <http://www.cetesb.br>

**DOCUMENTO**

Tipo	Data	Origem	N.º Página / V	N.º Mapas
Relatório	Julho 2006	ESSE	21 + ap.	

**TÍTULO DO DOCUMENTO**

Estudo investigativo da ocorrência de ozônio troposférico por meio de biomonitoramento no município de Cabreúva - SP

**AUTOR RESPONSÁVEL**

Assinatura / Carimbo / Data

*Rodrigo Fialho*

**AUTORES / ENTIDADES OU UNIDADES A QUE PERTENCEM**

Biól. Rodrigo Coelho Fialho  
 Fís. José Bezerra de Sousa  
 Biól. Mara Magalhães Gaeta Lemos  
 Biól. Gilmar Issa Gallo  
 Estag. Ruy dos Santos Barbosa Júnior

**DOCUMENTO AUTORIZADO POR**

Assinatura / Carimbo / Data

**Biol. Dorothy Carmen Pinatti Casarini**  
 Gerente da Divisão de Qualidade de Solo  
 Água Subterrânea e Vegetação  
 Reg. 01.4490-6 CRB 06152-01

**DOCUMENTO REVISADO**

Assinatura / Carimbo / Data

*Mara Magalhães Gaeta Lemos*  
**Biol. MARA MAGALHÃES GAETA LEMOS**  
 Gerente do Setor de Estudos em Áreas Verdes  
 Reg. 01.4080-3 - CRB 032544-6

**CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA**

- Externa       Interna  
 Reservada

**PALAVRAS CHAVES**

Ozônio troposférico - biomonitoramento 2. Ozônio troposférico - mapeamento 3. Cabreúva - ocorrência de ozônio  
 4. Ar - poluição. 5. Biomonitoramento - tabaco 6. Ar - AOT40 7. Ar - Qualidade 8. Cabreúva - biomonitoramento do ar

**CÓDIGO E TÍTULO DO PROJETO**

42410300 Avaliacao da Qualidade do Ar por Meio de Testes em Amostras Vegetais

**DISTRIBUIÇÃO INTERNA**

Áreas / N.º de Cópias

ETQ (1) - ETQM (1) - CBJ (1) - Biblioteca (2)

**USO DA BIBLIOTECA**

Classificação de Assunto

N.º Documento

Visto / Carimbo / Data

## TÍTULO DO DOCUMENTO

Estudo investigativo da ocorrência de ozônio troposférico por meio de biomonitoramento no município de Cabreúva - SP

## RESUMO

A CETESB, em função de sua atribuição de controle da poluição no Estado de São Paulo, desenvolve estudos que visam a investigação sobre a ocorrência de poluentes atmosféricos, principalmente para aqueles legalmente regulamentados, que apresentam padrões de qualidade.

Embora benéfico na estratosfera, onde forma uma camada protetora contra efeitos danosos da radiação ultravioleta, o ozônio tem efeitos tóxicos nas camadas mais baixas da atmosfera, por afetar diretamente os seres vivos. O ozônio tem alto poder oxidativo e, por isso, é muito tóxico às plantas, podendo causar danos consideráveis às espécies vegetais nativas e culturas agrícolas.

A CETESB desenvolve, desde a década de 80, estudos com bioindicadores vegetais como ferramenta às ações de prevenção e controle para diversos poluentes atmosféricos, destacando ozônio, fluoretos gasosos, dióxido de enxofre, amônia, chumbo, entre outros.

A Prefeitura Municipal de Cabreúva solicitou à CETESB, por meio do ofício GP/225/2005 de 29 de julho de 2005, uma avaliação da qualidade do ar com relação ao ozônio, para embasar o pedido de tornar-se estância turística conforme a Lei Estadual 1457 de 11 de novembro de 1977 e regulamentada pelo Decreto Estadual 11.022 de 28 de dezembro de 1977.

Neste contexto, o Setor de Qualidade do Solo e Vegetação - ESSE realizou um biomonitoramento, utilizando a variedade de tabaco *Nicotiana tabacum* Bel W3, com o objetivo de dimensionar qualitativamente e mapear a ocorrência do ozônio troposférico na área territorial do Município de Cabreúva.

Para realização da avaliação da qualidade do ar solicitada, foram selecionados doze locais, em função de sua distribuição espacial, no entorno da região urbanizada de Cabreúva e a partir da segunda campanha, foram selecionados mais três pontos fora do município, na direção de Jundiá, para avaliar uma possível transporte de poluentes provenientes da direção nordeste. A metodologia utilizada tem como base a exposição por 28 dias, de 6 indivíduos de tabaco da variedade *Nicotiana tabacum* Bel W3, em locais selecionados que abrangem a área territorial do município. A avaliação do efeito do ozônio nos indivíduos de tabaco expostos em cada ponto de amostragem, foi feita por meio de uma estimativa da porcentagem da área foliar com injúrias visíveis.

Em todas as campanhas e em todos os locais ocorreram injúrias foliares características do efeito fitotóxico do ozônio nos pontos do Município de Cabreúva, bem como no Eixo Cabreúva - Jundiá. Dentre as campanhas realizadas, o período mais crítico, quanto a ocorrência de injúrias foliares, foi entre dezembro e janeiro.

As medianas das porcentagens de injúrias foliares, obtidas por campanha e para o período total, indicam, de maneira geral, uma baixa ocorrência de ozônio troposférico, a exceção dos bairros Cururu e Jacaré, que apresentaram as maiores ocorrências de injúrias foliares, indicando a possibilidade de ultrapassagem de padrão de qualidade do ar ou do Valor de Referência para Proteção da Produtividade Agrícola (VRPP), principalmente no período crítico.

## OBSERVAÇÕES

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
2.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	4
2.2. METODOLOGIA.....	6
2.3. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DAS INJÚRIAS FOLIARES.....	7
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>17</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>20</b>

## SUMÁRIO EXECUTIVO

A CETESB, em função de sua atribuição de controle da poluição no Estado de São Paulo, desenvolve estudos que visam a investigação sobre a ocorrência de poluentes atmosféricos, principalmente para aqueles legalmente regulamentados, que apresentam padrões de qualidade.

Embora benéfico na estratosfera, onde forma uma camada protetora contra efeitos danosos da radiação ultravioleta, o ozônio tem efeitos tóxicos nas camadas mais baixas da atmosfera, por afetar diretamente os seres vivos. O ozônio tem alto poder oxidativo e, por isso, é muito tóxico às plantas, podendo causar danos consideráveis às espécies vegetais nativas e culturas agrícolas .

A CETESB desenvolve, desde a década de 80, estudos com bioindicadores vegetais como ferramenta às ações de prevenção e controle para diversos poluentes atmosféricos, destacando ozônio, fluoretos gasosos, dióxido de enxofre, amônia, chumbo, entre outros.

A Prefeitura Municipal de Cabreúva solicitou à CETESB, por meio do ofício GP/225/2005 de 29 de julho de 2005, uma avaliação da qualidade do ar com relação ao ozônio, para embasar o pedido de tornar-se estância turística conforme a Lei Estadual 1457 de 11 de novembro de 1977 e regulamentada pelo Decreto Estadual 11.022 de 28 de dezembro de 1977.

Neste contexto, o Setor de Qualidade do Solo e Vegetação – ESSE realizou um biomonitoramento, utilizando a variedade de tabaco *Nicotiana tabacum* Bel W3, com o objetivo de dimensionar qualitativamente e mapear a ocorrência do ozônio troposférico na área territorial do Município de Cabreúva.

Para realização da avaliação da qualidade do ar solicitada, foram selecionados doze locais, em função de sua distribuição espacial, no entorno da região urbanizada de Cabreúva e a partir da segunda campanha, foram selecionados mais três pontos fora do município, na direção de Jundiáí, para avaliar uma possível transporte de poluentes provenientes da direção nordeste.

A metodologia utilizada tem como base a exposição por 28 dias, de 6 indivíduos de tabaco da variedade *Nicotiana tabacum* Bel W3, em locais selecionados que abranjam a área territorial do município. A avaliação do efeito do ozônio nos indivíduos de tabaco expostos em cada ponto de amostragem, foi feita por meio de uma estimativa da porcentagem da área foliar com injúrias visíveis.

Em todas as campanhas e em todos os locais ocorreram injúrias foliares características do efeito fitotóxico do ozônio nos pontos do Município de Cabreúva, bem como no Eixo Cabreúva – Jundiáí. Dentre as campanhas realizadas, o período mais crítico, quanto a ocorrência de injúrias foliares, foi entre dezembro e janeiro.

As medianas das porcentagens de injúrias foliares, obtidas por campanha e para o período total, indicam, de maneira geral, uma baixa ocorrência de ozônio troposférico, a exceção dos bairros Cururu e Jacaré, que apresentaram as maiores ocorrências de injúrias foliares, indicando a possibilidade de ultrapassagem de padrão de qualidade do ar ou do Valor de Referência para Proteção da Produtividade Agrícola (VRPP), principalmente no período crítico.

**PÁGINA EM BRANCO**



## 1. INTRODUÇÃO

A Prefeitura Municipal de Cabreúva solicitou à CETESB, por meio do ofício GP/225/2005 de 29 de julho de 2005, uma avaliação da qualidade do ar com relação ao ozônio, para embasar o pedido de tornar-se estância turística conforme a Lei Estadual 1457 de 11 de novembro de 1977 e regulamentada pelo Decreto Estadual 11.022 de 28 de dezembro de 1977.

A CETESB, em função de sua atribuição de controle da poluição no Estado de São Paulo, desenvolve estudos que visam a investigação sobre a ocorrência de poluentes atmosféricos, principalmente para aqueles legalmente regulamentados, que apresentam padrões de qualidade.

Um padrão de qualidade do ar (PQAR), define legalmente o limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que garanta a proteção da saúde e do bem estar das pessoas (CETESB, 2006). A Portaria Normativa n.º 348 de 14/03/90 o IBAMA estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar, que foram submetidos ao CONAMA em 28/06/90 e transformados na Resolução CONAMA n.º 03/90.

São estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar:

- Padrões primários - concentrações de poluentes que, quando ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.
- Padrões secundários - concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Esse padrão deve ser aplicado, por exemplo, em parques nacionais, áreas de proteção ambiental, estâncias turísticas, etc.

A Resolução CONAMA n.º 03/90 estabelece para o ozônio a concentração máxima de 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em 1 hora como padrão primário e secundário, não devendo ser excedido mais que uma vez ao ano.

Embora benéfico na estratosfera, onde forma uma camada protetora contra efeitos danosos da radiação ultravioleta, tem efeitos tóxicos nas camadas mais baixas da atmosfera, por afetar diretamente os seres vivos. O ozônio tem alto poder oxidativo e, por isso, é muito tóxico às plantas, podendo causar danos consideráveis às espécies vegetais nativas e culturas agrícolas (Swanson *et al.* 1973, Freedman 1995, Liu & Reddley 1999, Zeiger 2002, apud PEDROSO 2006).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA,2006) estimou perdas agrícolas anuais da ordem de 500 milhões de dólares causadas pelo ozônio, sem incluir os danos à folhagens de árvores e outras plantas, que afetam a paisagem das cidades, áreas de recreação, parques urbanos e áreas de vegetação natural. No Brasil ainda não existem estudos que dimensionem perdas agrícolas.

Na Europa, Fuhrer e Achermann (1994), a partir de experimentos com vegetação, estabeleceram o valor de 40ppb (78,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ ) como crítico para vegetação, acima do qual pode ocorrer efeitos a receptores sensíveis, tais como plantas e ecossistema. A partir dessa concentração foi aplicado um índice referente à exposição acumulada acima de 40ppb (AOT40) (Fuhrer *et al.* 1997). Tal índice é a soma de todos os valores horários que

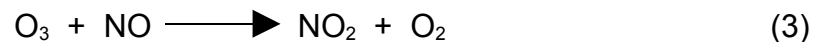
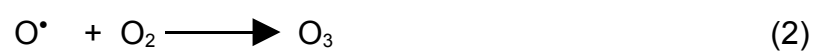
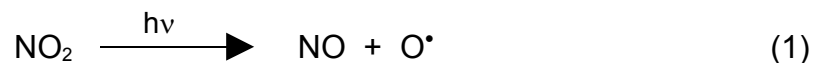
excedem 40ppb, por exemplo, o valor de 45ppb observado em uma hora, significa AOT40 = 5ppb.

A CETESB (2006) adota como valores de referência as concentrações preconizadas pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2000), que indica a AOT40 de 3.000ppb de ozônio (ou aproximadamente  $6.000\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), acumulados durante o período de 3 meses, como Valor de Referência para Proteção da Produtividade Agrícola (VRPP) e 200ppb (ou aproximadamente  $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), acumulados durante o período de 5 dias, como Valor de Referência para o Aparecimento de Injúrias visíveis em plantas sensíveis.

O ozônio não é um poluente emitido diretamente pelas fontes, mas formado na atmosfera por meio da reação entre os compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio em presença de luz solar (CETESB, 2004).

Os óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>) são lançados na atmosfera por meio de processos de combustão (veicular e industrial). Já os compostos orgânicos voláteis resultam das emissões de processos evaporativos, da queima incompleta de combustíveis automotivos e em processos industriais (CETESB, 2004).

A formação do ozônio na troposfera inicia-se pela fotólise do NO<sub>2</sub> (equação 1). O oxigênio monoatômico gerado, reage com o oxigênio diatômico presente na atmosfera, formando o ozônio (equação 2). Na presença de NO, o ozônio reage rapidamente para regenerar o NO<sub>2</sub> (equação 3) (CETESB, 2004).



Dessa maneira, o ozônio (O<sub>3</sub>) mantém-se em estado estacionário, que depende da velocidade de fotólise do NO<sub>2</sub> e da razão [NO<sub>2</sub>]/[NO]. Se nenhum outro processo convertesse NO em NO<sub>2</sub>, a concentração de ozônio troposférico não aumentaria significativamente. No entanto, na presença dos compostos orgânicos voláteis, as concentrações de ozônio aumentam, uma vez que o NO é convertido a NO<sub>2</sub>, via formação de radicais livres. Assim, a velocidade de formação do ozônio depende da quantidade e da reatividade de cada um desses compostos (CETESB, 2004).

Além da complexidade do sistema de reações químicas, fatores meteorológicos e topográficos fazem com que os gases precursores emitidos sejam transportados a diversos locais, resultando em níveis altos de ozônio em locais distantes das fontes dos precursores, muitas vezes ocorrendo até mesmo em regiões sem fontes significativas de poluição (CETESB, 2004).

O biomonitoramento é considerado um poderoso instrumento de avaliação da qualidade ambiental em locais impactados pela poluição e constitui, efetivamente, uma maneira de avaliar, de forma fácil, rápida e economicamente viável, a concentração de ozônio troposférico (Shugart, 1994).

Enquanto os índices obtidos por instrumentos, se restringem a um momento específico de observação da poluição ambiental, sem informar sobre os efeitos que ela provoca ao longo do tempo, os bioindicadores apesar de levarem mais tempo para apresentar resultados e fornecer informações menos precisas, complementam àquelas obtidas pelos sensores automatizados (Prado Filho, 1993).

Os bioindicadores podem ser definidos como organismos ou comunidades de organismos que respondem à poluição ambiental, por modificar suas funções vitais, ou acumular toxinas (Ardnt, 1989). Segundo Figueiredo (1994), as plantas apresentam-se como excelentes sensores do impacto ambiental causado por estresses.

Segundo Temmerman *et al.* (2004 *apud* Pedroso 2006), plantas bioindicadoras são aquelas que apresentam sintomas visíveis como necroses, cloroses e distúrbios fisiológicos.

Desde 1962, a variedade de tabaco *Nicotiana tabacum* L. Bel W3, tem sido usada como um bioindicador da presença de diferentes concentrações de ozônio. Após algumas semanas de exposição de folhas novas, totalmente expandidas, podem ser verificados sintomas visíveis. Essa espécie desenvolve, primeiramente, lesões bifaciais e mostram diferenças nas quantidades de injúrias agudas e crônicas, quando expostas à diferentes doses de exposição em ambientes controlados e sob condições de campo (Heggstad, 1991). A Figura 1 apresenta fotos de exemplares dessa variedade de tabaco, com e sem injúria foliar, característica do efeito fitotóxico do ozônio.



**Figura 1 – Exemplares de *Nicotiana tabacum* Bel W3 com folhas saudáveis (esquerda) e com injúrias (direita) características do efeito fitotóxico do ozônio.**

O biomonitoramento tornou-se uma prática comum em países do hemisfério norte, principalmente na Europa (Pedroso, 2006). Diversos países tem desenvolvido estudos de mapeamentos do ozônio, utilizando-se, principalmente, o tabaco como bioindicador, destacando-se aqueles realizados na Espanha (Gimeno *et al.*, 1995), Estônia (Koppel & Sild, 1995), Itália (Nali *et al.*, 1998; Allegrini *et al.*, 1992), França (Garrec & Radnai, 1996), Reino Unido (Fowler *et al.*, 1995; Ashmore *et al.*, 1980), China (Garrec *et al.*, 1998), Ucrânia (Blum *et al.*, 1997) e em várias regiões norte americanas (Kelleher & Feder, 1978).

No Brasil, os estudos dos efeitos de poluentes na vegetação são recentes e vem sendo desenvolvidos por poucos grupos de pesquisa. Pedroso (2006) cita estudos realizados com plantas bioindicadoras para diversos poluentes, para avaliar o efeito da poluição atmosférica em algumas cidades do país, como Salvador (Lima *et al.*, 2000 ; Klumpp *et al.*, 2003), São Paulo (Domingos *et al.*, 1998 e 2002; Batalha *et al.*, 1999; Ferreira *et al.*, 2000; Guimarães *et al.*, 2000; Moraes *et al.*, 2002 e Alves *et al.*, 2003); Viçosa (Pradro Filho, 1993; Chaves *et al.*, 2002 e Silva *et al.*, 2005); Curitiba (Alves, 2001 e Bujokas, 2001).

A CETESB desenvolve, desde a década de 80, estudos com bioindicadores vegetais como ferramenta às ações de prevenção e controle para diversos poluentes atmosféricos, destacando ozônio, fluoretos gasosos, dióxido de enxofre, amônia, chumbo, entre outros



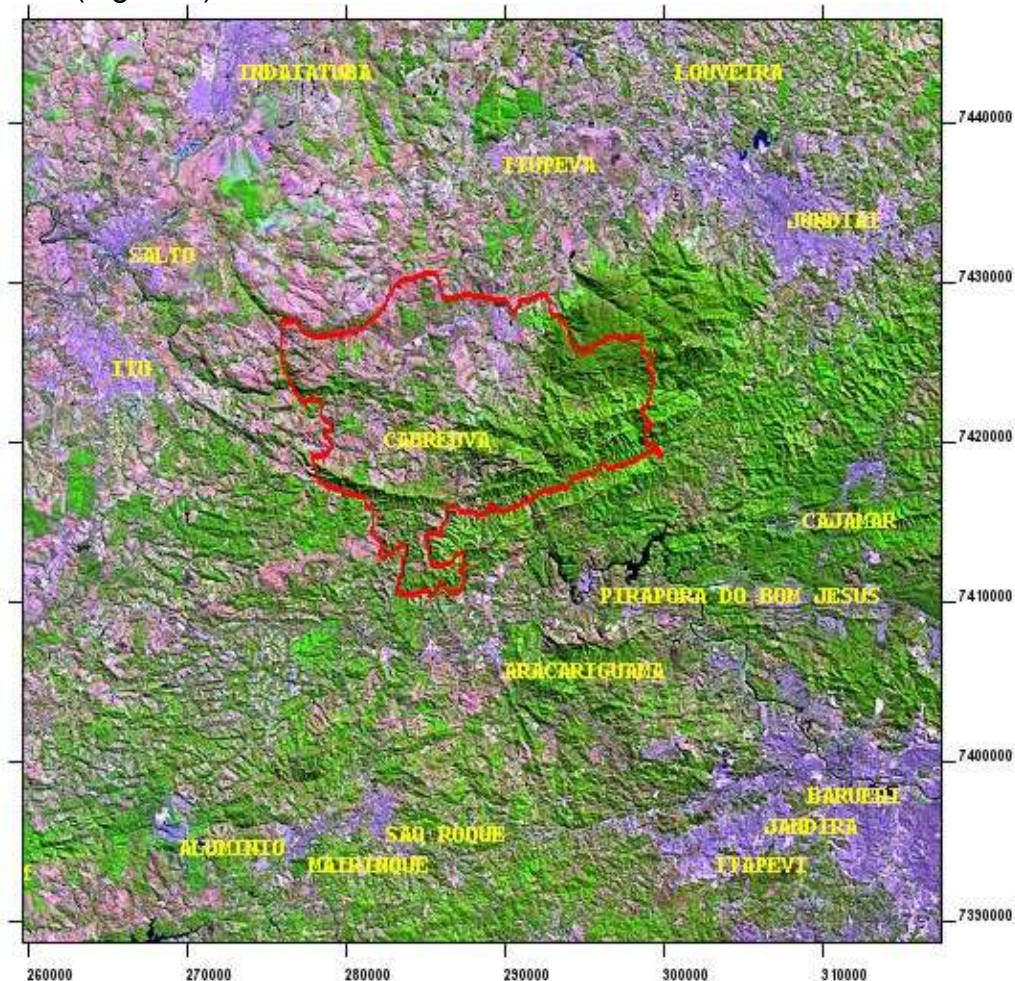
(Pompeia *et al.*, 1988 e 1989; Azevedo *et al.*, 1994a e 1994b; Diniz *et al.*, 1994; Fialho *et al.*, 1994; Pradella *et al.* 1999; Bergmann, 2003, CETESB, 1996; 2000 e 2004).

Neste contexto, o Setor de Qualidade do Solo e Vegetação – ESSE realizou um biomonitoramento, utilizando a variedade de tabaco *Nicotiana tabacum* Bel W3, com o objetivo de dimensionar qualitativamente e mapear a ocorrência do ozônio troposférico em concentrações prejudiciais ao meio ambiente na área territorial do Município de Cabreúva, visando avaliar a viabilidade do município tornar-se estância turística, no que se refere a este poluente atmosférico .

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Localização e caracterização da área de estudo

O Município de Cabreúva, com uma área de 261 km<sup>2</sup>, dos quais 96 km<sup>2</sup> compreendidos na área urbana e o restante, 165 km<sup>2</sup>, na zona rural, possui uma população total estimada em 45.000 habitantes e situa-se entre as coordenadas Latitude Sul 23°18'27" e Longitude Oeste 47°07'59". À norte faz divisa com os municípios de Indaiatuba e Itupeva, a sul com Araçariguama e Pirapora do Bom Jesus, a leste com Jundiá e a oeste com Itu. Dos municípios limítrofes, a cidade de Jundiá é a de maior porte e a que apresenta perfil mais industrializado (Figura 2).



Fonte: SMA/NATA – SP Janela Eletrônica – SATÉLITE LANDSAT 7, 2000, ETM+ - UTM zona 23 – SAD 69

**Figura 2 – Imagem da região do Município de Cabreúva e seu entorno.**

Dentro do município está localizada a Área de Proteção Ambiental - APA de Cabreúva, criada pela Lei Estadual nº 4.023, de 22 de maio de 1984 e regulamentada pelo Decreto Estadual 43.284 de 03 de julho de 1998 (SÃO PAULO, 2004), que do ponto de vista geomorfológico, está situada na porção do Planalto Atlântico denominada de Serraria de São Roque, tendo a Serra do Japi como seu principal acidente geográfico, com cerca de 1200m de altitude, localizado na divisa dos municípios de Cabreúva e Jundiá (São Paulo, 1990).

Geograficamente, as condições acidentadas do relevo provocaram no município o surgimento de cinco núcleos urbanos: a sede municipal (Centro), Jacaré, Bananal, Bom Fim e o Bairro do Cai.

De acordo com São Paulo (2004), o Município de Cabreúva vem sofrendo intenso processo de urbanização, especialmente os núcleos urbanos Jacaré e Pinhal. O primeiro vem se desenvolvendo ao longo da Rodovia Marechal Rondon (Itú-Jundiá), concentrando um grande número de indústrias que convivem com loteamentos populares, chácaras e estabelecimentos comerciais (São Paulo, 1990).

Nos últimos anos o parque industrial está se consolidando e se expandindo ao longo da Rodovia Marechal Rondon. Apesar disso, a agrosilvicultura ainda é uma atividade importante, seguida do turismo e empreendimentos imobiliários (São Paulo, 1990).

A altitude mínima do município é de 640m no centro urbano da cidade e a máxima de 1200m na Serra do Japi. A porção do município onde localizam-se os núcleos urbanos é marcada por três tipos de relevo: morros alongados com topos extensos e arredondados, alcançando altitude de 750 metros; morros arredondados de altitude em torno de 770m e colinas isoladas, com topo arredondado, de altitude em torno de 650m (São Paulo, 2004).

Foram selecionados doze locais, em função de sua distribuição espacial, no entorno da Região Urbanizada de Cabreúva e a partir da segunda campanha, foram selecionados mais três pontos fora do município, na direção de Jundiá, para avaliar uma possível transporte de poluentes provenientes da direção nordeste (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos pontos de exposição e as localizações em UTM's (Projeção UTM, Fuso 23, Meridiano Central 45° e Datum horizontal SAD-69).

	PONTO Nº	LOCAL	Latitude UTM	Longitude UTM	Altitude (m)
Município de Cabreúva	1	CENTRO – EMEI	281774	7420958	640
	2	VALE VERDE - EMEI Profa. Maria N. Bicalho -	281676	7421593	662
	3	BANANAL- Casa Vizinha EMEFEI Thereza Spina Zacchi	287338	7415807	652
	4	CHÁCARAS BOA ESPERANÇA – SPA Recanto	283179	7418845	707
	5	CAI DE CIMA - EMEFEI Thereza Spina Zacchi –	287159	7422631	828
	6	CAI – EMEFEI Fazenda Corcovado	287656	7421627	883
	7	FAZENDA PINHAL – Prox. CESP	283224	7425387	772
	8	PINHAL - EMEFEI Ver. Oscar Barbosa Neto	285572	7426458	810
	9	JACARÉ - EMEFEI Maestro Benedito M. Silveira	289903	7426755	868
	10	VILAREJO – EMEI Evilázio Xisto Berion – prox. Rio Pirai	289217	7425350	842
	11	BONFIM - EMEFEI Zaira Spina Federzoni	289464	7423901	827
	12	CURURU - EMEFEI Miguel Elpidio da Costa	290950	7424081	820
Eixo Cabreúva-Jundiá	20	Pesqueiro Royal Fish	292819	7431100	
	30	Pesqueiro Itupeva	298092	7435245	
	40	Fundação	297281	7432526	
Estação Medidora	100	Pinheiros – Estação Telemétrica de Qualidade do Ar	326324	7393337	



A altitude entre os locais de exposição variou de 640m a 883m.

A estação Telemétrica de Pinheiros, localizada na sede da CETESB, foi adicionada ao estudo à partir da segunda campanha, por ser um local onde é realizada a medição automatizada da concentração de ozônio troposférico, objetivando validar as ocorrências de injúrias foliares com a presença desse poluente.

## 2.2. Metodologia

A metodologia utilizada foi adaptada de Lorenzini et al (1999) e tem como base a exposição de indivíduos de tabaco da variedade *Nicotiana tabacum* Bel W3, por 28 dias, em locais selecionados que abrangem a área territorial do município.

No início de 1998, a CETESB importou sementes da Universidade Estadual da Carolina do Norte, com o objetivo de desenvolver matrizes, tendo em vista sua difícil obtenção, sendo que as plantas são cultivadas na casa de vegetação localizada na sede da CETESB.

A germinação é realizada em bandejas, denominadas sementeiras, mantidas por aproximadamente três semanas até o estágio de plântulas. Após esse período as plântulas são transferidas para vasos plásticos, onde permanecem por aproximadamente duas semanas, até atingirem o estágio de desenvolvimento apropriado para exposição - 3 a 4 folhas totalmente expandidas.

A atmosfera no interior da casa de vegetação é mantida em condições de temperatura ambiente e as plantas são cultivadas em substrato agrícola padronizado "Plantmax", em campânulas fechadas com atmosfera isenta de ozônio, garantida por meio da filtragem do ar por carvão ativado, conforme metodologia descrita em CETESB (2000). A irrigação adequada é realizada por meio de sistema de auto-rega, a partir de cordões de náilon, que apresentam uma das pontas previamente inserida nos vasos e a outra em contato com água.

A Figura 3 ilustra o aspecto das plantas no início do experimento e após 28 dias de exposição.



**Figura 3 – Exemplos da variedade de tabaco antes da exposição nas campânulas da casa de Vegetação CETESB (esquerda) e após 28 dias de exposição (direita).**

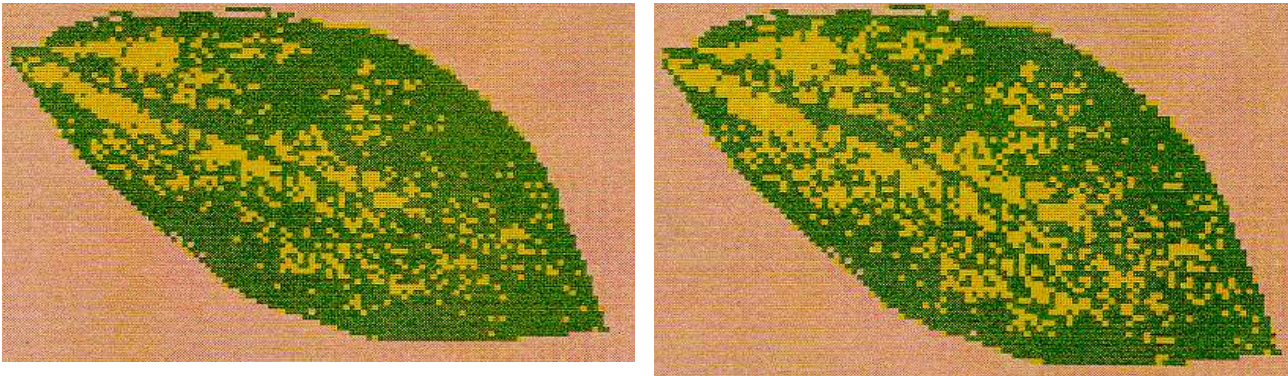
Em cada ponto monitorado são expostas individualmente seis plantas, em vasos que possuem o sistema de auto-rega descrito acima, protegidas por sombrite (50%), de forma a evitar o impacto direto da chuva.

### 2.3. Critérios de avaliação das injúrias foliares

A avaliação do efeito do ozônio nos indivíduos de tabaco expostos em cada ponto de amostragem, foi feita por meio de uma estimativa da porcentagem da área foliar com injúrias visíveis. A análise é de caráter visual adaptado da metodologia descrita por Lorenzini *et al.* (2000).

Para cada indivíduo são registrados altura, número de folhas sem injúrias e número de folhas mortas. Para a avaliação das injúrias em cada folha, 3 avaliadores estimam separadamente a porcentagem de área foliar danificada, de forma visual, sendo registrado um valor médio entre as três estimativas.

A fim de evitar interferências subjetivas na avaliação das porcentagens da área foliar com injúrias, por parte do avaliador, foi desenvolvida uma metodologia de comparação, com fotos de folhas padrões, apresentando porcentagens conhecidas de diferentes níveis de áreas foliares com injúrias. As porcentagens das áreas com injúrias das folhas padrões foram calculadas pelo Sistema de Informação Geográfica – IDRISI, e estão descritas em CETESB (2000). A Figura 4 apresenta duas fotos de folhas padrões utilizada para a estimativa da porcentagem da área foliar com injúrias.



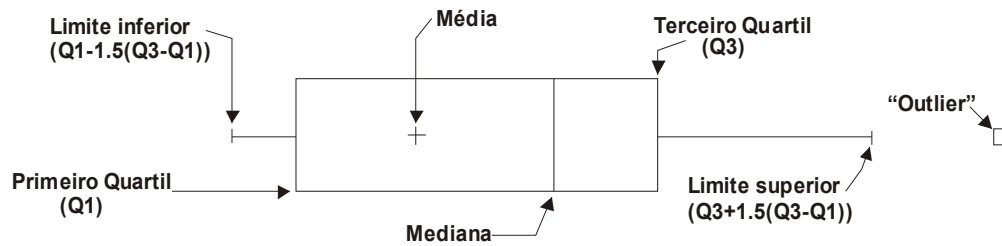
**Figura 4 – Folhas com porcentagens da área foliar com injúrias (em amarelo), calculadas pelo software IDRISI - 21% (esquerda) e 30% (direita).**

Após esta etapa, os dados são tabulados em 7 classes de porcentagem de folhas com injúrias, a saber: sem injúria, até 5%, de 6 a 10%, de 11 a 20%, de 21 a 30%, de 31 a 50% e acima de 50%.

Para visualização espacial, os resultados foram plotados em mapa, elaborado à partir de imagem de satélite Landsat 7 de junho de 2000.

### 2.4. Interpretação Estatística

- Após a tabulação dos dados, foi utilizado o software Statgraph para elaborar gráficos do tipo “box-plot”, que apresentam a estatística descritiva (médias, medianas e quartis). Esse tipo de gráfico auxilia a interpretação do conjunto de dados, sendo uma alternativa ao histograma, facilitando a visualização da dispersão e destacando valores considerados “outliers”, além de mostrar claramente as médias, medianas e quartis.



Representação esquemática dos variáveis presentes no box-plot

- Para conhecimento dos locais que apresentaram resultados com diferenças estatisticamente significativas, utilizou-se o teste não paramétrico de comparações múltiplas.
- A partir da interpretação dos resultados estatísticos, adotou-se como critério de comparação de injúrias foliares, entre os pontos de exposição, as medianas por campanha e do período total do estudo.
- Para correlacionar as porcentagens de injúrias com a ocorrência de ozônio, considerou-se que:
  - Medianas inferiores a 5% - baixa presença de ozônio (verde)
  - Medianas entre 5% e 14,99% - presença de ozônio (amarelo)
  - Medianas igual ou maior de 15% - possibilidade de ultrapassagem de padrão de qualidade do ar ou do Valor de Referência para Proteção da Produtividade Agrícola (VRPP) (vermelho).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As exposições foram realizadas nos períodos de 24/08/05 a 23/09/05, 31/10/05 a 29/11/05, 19/01/06 a 20/01/06 e 14/03/06 à 13/04/06. As Tabelas 2 e 3 apresentam, por local monitorado, os resultados obtidos em cada campanha.

Para o Município de Cabreúva, todas as campanhas e todos os locais ocorreram injúrias foliares características do efeito fitotóxico do ozônio, embora, considerando as medianas, os níveis de injúrias foliares foram inferiores a 5% em 5 pontos, incluindo o centro. O local que apresentou as maiores medianas de porcentagem de injúrias foi Cururu (entre 10 e 25%). Medianas superiores a 10% também foram observadas esporadicamente para Vale Verde, Jacaré, Bonfim, Cai de Cima, Fazenda Pinhal e Vilarejo.

No Eixo Cabreúva - Jundiáí, todos os pontos apresentaram medianas superiores a 5% e, esporadicamente, no Pesqueiro Itupeva e na Fundação obteve-se medianas superiores a 10%.

De maneira geral, a primeira e a segunda campanha foram aquelas que apresentaram as menores medianas, enquanto a terceira e a quarta as maiores.

As Figuras 5 e 6 apresentam os gráficos tipo “box-plots” referentes aos resultados do monitoramento, por campanha.



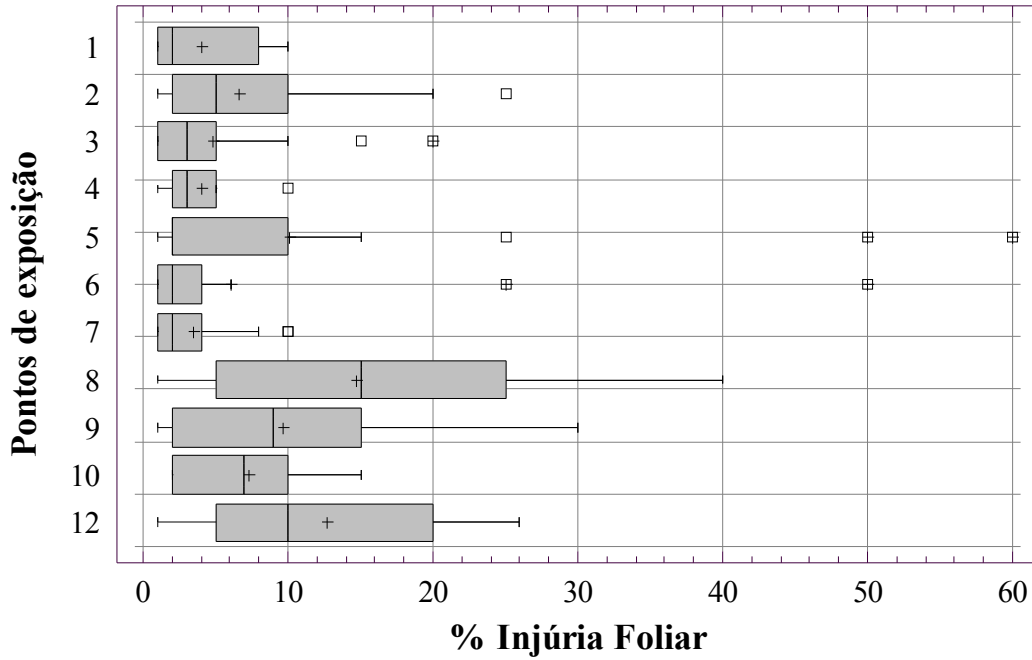
**Tabela 2 – Síntese dos resultados do biomonitoramento, utilizando a variedade de tabaco *Nicotiana tabacum* Bel W3, para dimensionar qualitativamente a ocorrência do ozônio troposférico na área territorial do Município de Cabreúva, para a primeira e segunda campanha.**

Período de Exposição	Município	Ponto Nº	Local de Exposição	Altura (cm)	Folhas Mortas (Nº)	Folhas Vivas (Nº)	Ocorrências de injúrias foliares por classes (%)							% de Injúrias (Mediana)	
							0%	1-5%	6-10%	11-20%	21-30%	31-50%	> 50%		
24/08 a 23/09/05 1ª campanha	Cabreúva	1	CENTRO – EMEI	11,0	10	20	45	35	20	0	0	0	0	2,0	
		2	VALE VERDE - EMEI Profa. Maria N. Bicalho -	15,3	5	31	23	48	16	10	3	0	0	5,0	
		3	BANANAL- Casa Vizinha EMEFEI Thereza Spina Zacchi	7,3	11	25	28	56	8	8	0	0	0	3,0	
		4	CHÁCARAS BOA ESPERANÇA – SPA Recanto	7,4	5	29	79	17	3	0	0	0	0	3,0	
		5	CAI DE CIMA - EMEFEI Thereza Spina Zacchi –	22,3	10	26	19	54	8	8	4	4	4	2,0	
		6	CAI - EMEFEI Fazenda Corcovado	18,5	6	30	40	53	0	0	3	3	0	2,0	
		7	FAZENDA PINHAL – Prox. CESP	11,1	3	33	61	30	9	0	0	0	0	2,0	
		8	PINHAL - EMEFEI Ver. Oscar Barbosa Neto	7,3	4	32	25	22	13	19	19	3	0	15,0	
		9	JACARÉ - EMEFEI Maestro Benedito M. Silveira	7,4	3	33	27	33	12	21	6	0	0	9,0	
		10	VILAREJO – EMEI Evilázio Xisto Berion – prox. Rio Pirai	8,0	3	21	67	19	5	10	0	0	0	7,0	
		11	BONFIM - EMEFEI Zaira Spina Federzoni	Depredado											--
		12	CURURU - EMEFEI Miguel Elpidio da Costa	22,3	5	31	26	35	13	19	6	0	0	10,0	
31/10 a 29/11/05 2ª campanha	Cabreúva	1	CENTRO – EMEI	11,0	10	20	85	15	0	0	0	0	0	1,0	
		2	VALE VERDE - EMEI Profa. Maria N. Bicalho -	15,3	5	31	42	45	3	3	6	0	0	1,0	
		3	BANANAL- Casa Vizinha EMEFEI Thereza Spina Zacchi	7,3	11	25	34	49	11	3	3	0	0	2,0	
		4	CHÁCARAS BOA ESPERANÇA – SPA Recanto	7,4	5	29	78	22	0	0	0	0	0	2,5	
		5	CAI DE CIMA - EMEFEI Thereza Spina Zacchi –	22,3	10	26	14	64	5	5	5	9	0	2,0	
		6	CAI - EMEFEI Fazenda Corcovado	18,5	6	30	71	29	0	0	0	0	0	3,5	
		7	FAZENDA PINHAL – Prox. CESP	11,1	3	33	56	38	6	0	0	0	0	1,0	
		8	PINHAL - EMEFEI Ver. Oscar Barbosa Neto	7,3	4	32	38	59	0	3	0	0	0	1,0	
		9	JACARÉ - EMEFEI Maestro Benedito M. Silveira	7,4	3	33	30	20	7	20	10	10	3	15,0	
		10	VILAREJO – EMEI Evilázio Xisto Berion – prox. Rio Pirai	Não cresceram											--
		11	BONFIM - EMEFEI Zaira Spina Federzoni	7,4	3	33	67	13	0	3	0	0	0	7,0	
	12	CURURU - EMEFEI Miguel Elpidio da Costa	22,3	5	31	15	22	0	15	30	19	0	25,0		
	SP	100	PINHEIROS - Estação Telemétrica de Qualidade do Ar	20,6	10	26	41	52	4	0	0	0	1,0		

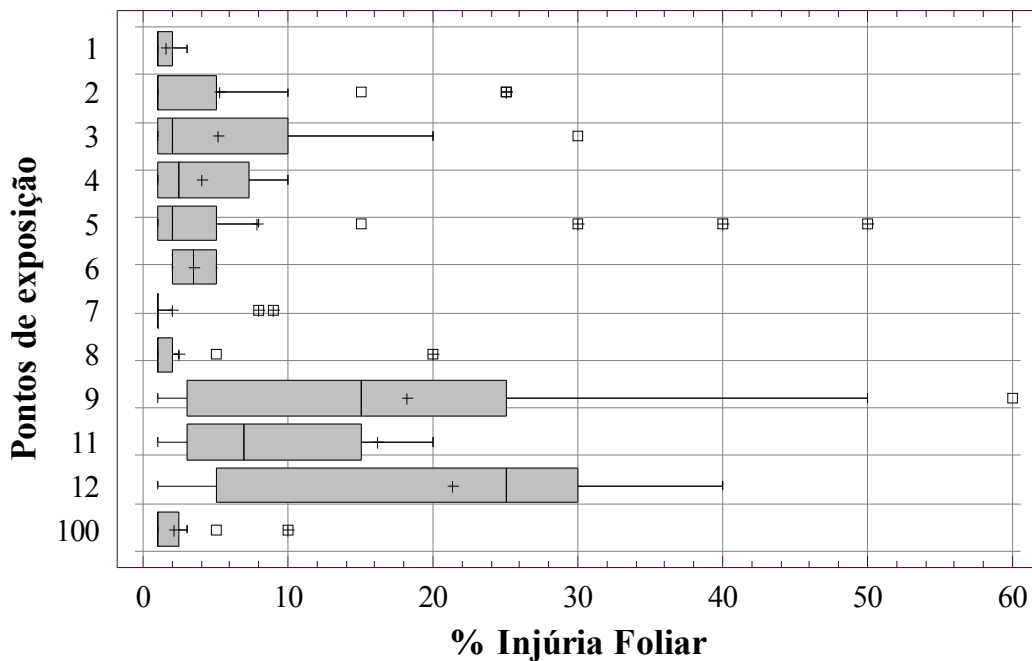
**Tabela 3 – Síntese dos resultados do biomonitoramento, utilizando a variedade de tabaco *Nicotiana tabacum* Bel W3, para dimensionar qualitativamente a ocorrência do ozônio troposférico na área territorial do Município de Cabreúva, para a terceira e quarta campanha**

Período de Exposição	Município	Ponto Nº	Local de Exposição	Altura (cm)	Folhas Mortas (Nº)	Folhas Vivas (Nº)	Ocorrências de injúrias foliares por classes (%)							% de Injúrias (Mediana)	
							0%	1- 5%	6-10%	11-20%	21-30%	31-50%	> 50%		
19/12/05 a 20/01/06 3ª campanha	Cabreúva	1	CENTRO – EMEI	10,0	6	28	25	43	4	18	0	11	0	3,0	
		2	VALE VERDE - EMEI Profa. Maria N. Bicalho -	13,0	9	21	5	14	19	24	29	10	0	15,0	
		3	BANANAL- Casa Vizinha EMEFEI Thereza Spina Zacchi	20,2	12	24	0	63	21	13	4	0	0	2,0	
		4	CHÁCARAS BOA ESPERANÇA – SPA Recanto	11,7	11	25	8	52	24	4	12	0	0	5,0	
		5	CAI DE CIMA - EMEFEI Thereza Spina Zacchi –	8,5	11	19	47	47	5	0	0	0	0	1,0	
		6	CAI - EMEFEI Fazenda Corcovado	15,8	11	25	4	44	12	20	4	16	0	5,5	
		7	FAZENDA PINHAL – Prox. CESP	17,3	6	30	10	43	17	13	3	13	0	7,0	
		8	PINHAL - EMEFEI Ver. Oscar Barbosa Neto	Não cresceram											--
		9	JACARÉ - EMEFEI Maestro Benedito M. Silveira	8,3	9	26	8	35	12	23	19	4	0	10,0	
		10	VILAREJO – EMEI Evilázio Xisto Berion – prox. Rio Pirai	13,7	18	18	33	67	0	0	0	0	0	1,0	
		11	BONFIM - EMEFEI Zaira Spina Federzoni	17,7	7	23	43	22	9	13	9	4	0	10,0	
		12	CURURU - EMEFEI Miguel Elpidio da Costa	23,0	13	23	9	17	17	13	17	22	4	15,0	
		Eixo Cabreúva- Jundiá	20	Pesqueiro Royal Fish	6,8	8	10	60	20	0	20	0	0	0	7,5
		30	Pesqueiro Itupeva	27,4	6	24	13	17	29	25	13	4	0	10,0	
		40	Fundação	9,4	10	24	21	50	8	21	4	0	0	5,0	
	SP	100	PINHEIROS - Estação Telemétrica de Qualidade do Ar	27,7	6	29	31	17	7	21	10	14	0	15,0	
14/03 a 13/04/06 4ª campanha	Cabreúva	1	CENTRO – EMEI	26,3	15	21	43	38	0	14	5	0	0	1,0	
		2	VALE VERDE - EMEI Profa. Maria N. Bicalho -	14,5	13	17	24	47	12	12	6	0	0	5,0	
		3	BANANAL- Casa Vizinha EMEFEI Thereza Spina Zacchi	19,2	7	10	60	40	0	0	0	0	0	2,0	
		4	CHÁCARAS BOA ESPERANÇA – SPA Recanto	18,3	9	26	73	23	0	4	0	0	0	2,5	
		5	CAI DE CIMA - EMEFEI Thereza Spina Zacchi –	25,0	5	25	32	36	12	4	16	0	0	10,0	
		6	CAI - EMEFEI Fazenda Corcovado	18,0	16	5	20	80	0	0	0	0	0	2,5	
		7	FAZENDA PINHAL – Prox. CESP	14,8	7	27	63	15	4	15	4	0	0	11,5	
		8	PINHAL - EMEFEI Ver. Oscar Barbosa Neto	15,8	10	20	60	20	10	5	0	5	0	6,0	
		9	JACARÉ - EMEFEI Maestro Benedito M. Silveira	10,2	12	18	50	39	0	6	6	0	0	1,0	
		10	VILAREJO – EMEI Evilázio Xisto Berion – prox. Rio Pirai	3,5	8	16	38	25	6	13	13	6	0	10,0	
		11	BONFIM - EMEFEI Zaira Spina Federzoni	3,2	5	18	78	17	6	0	0	0	0	3,5	
		12	CURURU - EMEFEI Miguel Elpidio da Costa	Não foi realizada exposição											--
		Eixo Cabreúva- Jundiá	20	Pesqueiro Royal Fish	9,2	13	22	50	27	5	5	9	5	0	5,0
		30	Pesqueiro Itupeva	43,8	10	26	23	35	4	12	19	8	0	5,0	
		40	Fundação	11,5	15	12	67	8	0	8	8	0	8	15,0	
	SP	100	PINHEIROS - Estação Telemétrica de Qualidade do Ar	Não cresceram											--

**PRIMEIRA CAMPANHA (Agosto/Setembro)**



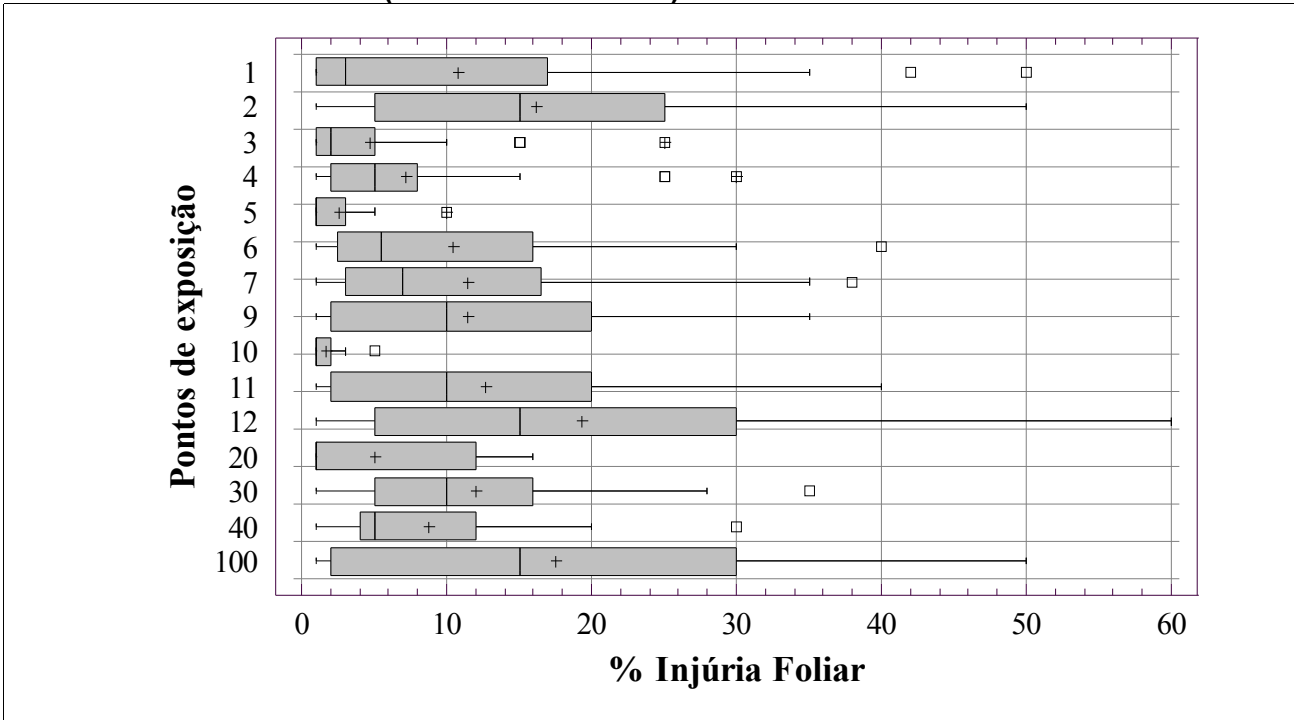
**SEGUNDA CAMPANHA (Novembro)**



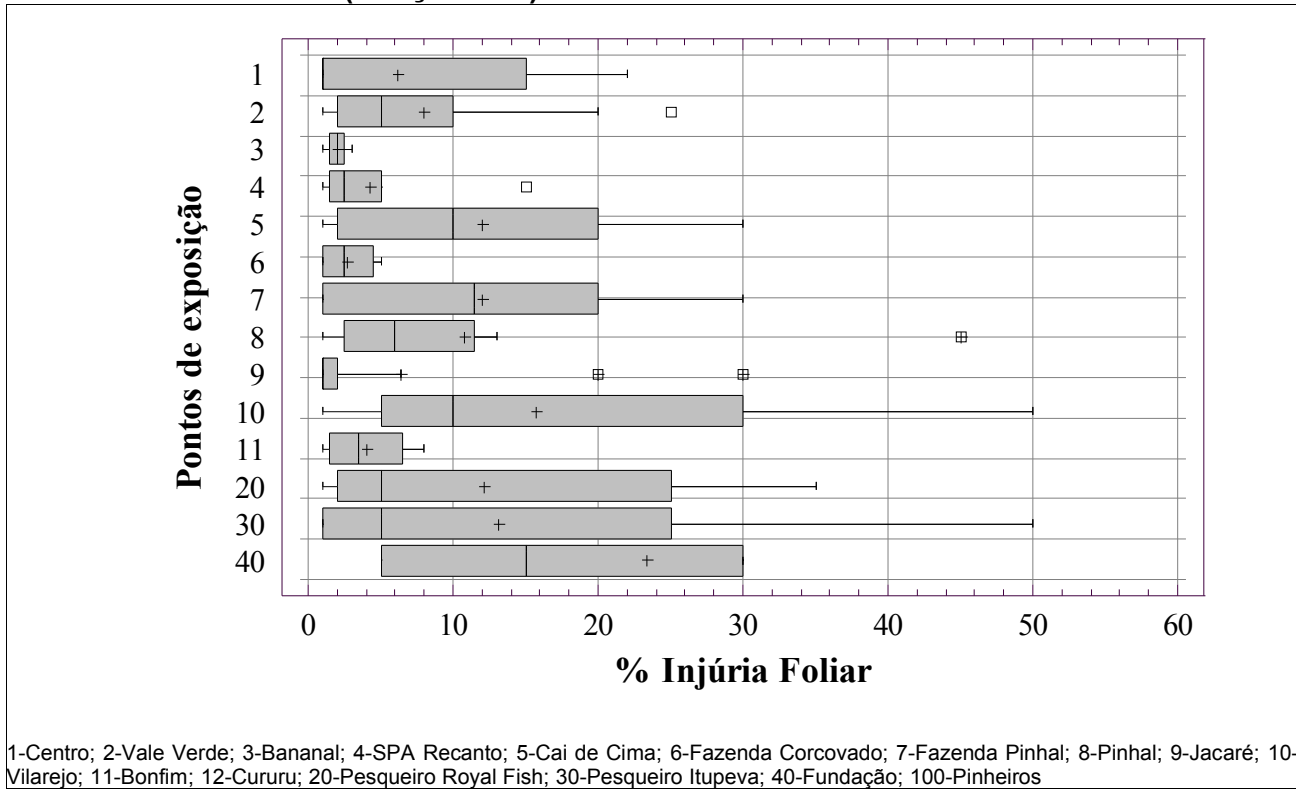
1-Centro; 2-Vale Verde; 3-Bananal; 4-SPA Recanto; 5-Cai de Cima; 6-Fazenda Corcovado; 7-Fazenda Pinhal; 8-Pinhal; 9-Jacaré; 10-Vilarejo; 11-Bonfim; 12-Cururu; 20-Pesqueiro Royal Fish; 30-Pesqueiro Itupeva; 40-Fundação; 100-Pinheiros

**FIGURA 5 – Gráficos tipo “box plot” das porcentagens de injúrias foliares obtidos para a primeira campanha (set/05) e a segunda campanha (nov/05), por local monitorado.**

**TERCEIRA CAMPANHA (Dezembro/Janeiro)**



**QUARTA CAMPANHA (Março/Abril)**



1-Centro; 2-Vale Verde; 3-Bananal; 4-SPA Recanto; 5-Cai de Cima; 6-Fazenda Corcovado; 7-Fazenda Pinhal; 8-Pinhal; 9-Jacaré; 10-Vilarejo; 11-Bonfim; 12-Cururu; 20-Pesqueiro Royal Fish; 30-Pesqueiro Itupeva; 40-Fundação; 100-Pinheiros

**FIGURA 6 - Gráficos tipo “box plot” das porcentagens de injúrias foliares obtidos para a terceira campanha (jan/06) e quarta campanha (mar-abr/06), por local monitorado.**

De acordo com a Figura 5, é possível evidenciar na primeira campanha, que os pontos Pinhal, Jacaré e Cururu se destacaram com relação a ocorrência de injúrias foliares características do efeito do ozônio troposférico, enquanto na segunda campanha, os pontos que se destacaram foram o Jacaré e Cururu, seguido por Bonfim.

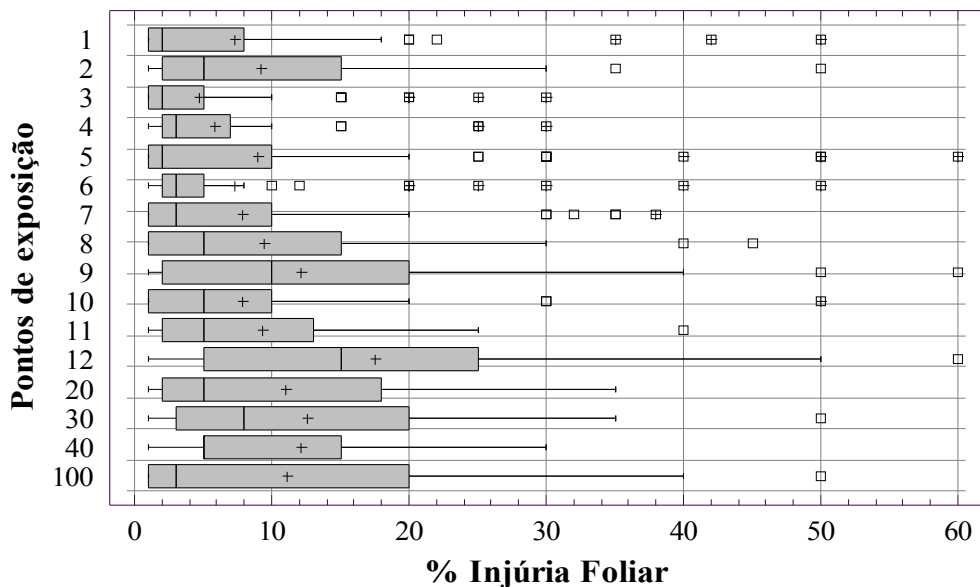
O teste estatístico de comparações múltiplas para a segunda campanha evidenciou que os pontos Jacaré e Cururu apresentaram níveis de injúrias superiores, mostrando diferenças estatisticamente significantes aos demais pontos monitorados.

Na terceira campanha (Figura 6) praticamente todos os pontos apresentaram porcentagem de injúrias foliares elevadas, com exceção dos pontos Bananal, Cai de Cima, Spa e Vilarajo, que apresentaram médias e medianas significativamente inferiores aos demais pontos monitorados. As maiores ocorrências de injúrias forma observadas nos pontos Cururu e Vale verde, sendo que o Cururu apresentou porcentagens de injúrias foliares similares àquelas observadas em Pinheiros.

Na quarta campanha, os pontos Vilarajo, Faz. Pinhal e Cai de Cima, foram os aqueles, dentro do Município de Cabreúva, que apresentaram as maiores porcentagens de injúrias foliares. Ressalta-se que não foi possível realizar o biomonitoramento no ponto Cururu devido ao local estar em obras. Os pontos Bananal, Faz. Corcovado, Spa Recanto e Bonfim foram aqueles que apresentaram menores porcentagens de injúrias foliares. Nessa última campanha, ficou evidenciado também que os pontos localizados no eixo Cabreúva-Jundiaí (Pesqueiro Royal Fish, Pesqueiro Itupeva e Fundação), apresentaram elevadas porcentagens de injúrias foliares.

A Figura 7 apresenta os gráficos do tipo “box-plot” elaborado com os resultados das quatro campanhas de monitoramento.

**TODAS AS CAMPANHAS**



1-Centro; 2-Vale Verde; 3-Bananal; 4-SPA Recanto; 5-Cai de Cima; 6-Fazenda Corcovado; 7-Fazenda Pinhal; 8-Pinhal; 9-Jacaré; 10-Vilarajo; 11-Bonfim; 12-Cururu; 20-Pesqueiro Royal Fish; 30-Pesqueiro Itupeva; 40-Fundação; 100-Pinheiros

**FIGURA 7 – Gráficos tipo “box plot” das porcentagens de injúrias foliares elaborados com os resultados das quatro campanhas de biomonitoramento.**

De maneira geral, considerando as quatro campanhas realizadas em períodos distintos do ano, pode-se observar que o ponto Cururu se destacou, seguido pelos pontos Fazenda Corcovado, Bonfim e Jacaré, como aqueles que apresentaram altas porcentagens de injúrias foliares, sugerindo serem estes os locais de maior ocorrência de ozônio troposférico. Os pontos Spa Recanto e Bananal, em contrapartida, apresentaram porcentagens de injúrias em proporções bem inferiores aos demais.

Cabe destacar que o bioindicador utilizado, conforme discutido na introdução, apresenta sensibilidade ao ozônio para concentrações inferiores ao padrão primário e secundário ( $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), estabelecido legalmente para proteção da saúde humana. Desta forma, os resultados obtidos neste estudo não significam necessariamente que as concentrações do ozônio troposférico ultrapassaram o padrão supra citado.

Paralelamente as exposições realizadas no Município de Cabreúva, também foram expostas plantas de tabaco na estação telemétrica de Pinheiros – SP, com o intuito de correlacionar e validar os resultados obtidos. A Tabela 4 apresenta os resultados das medições das concentrações de ozônio troposféricos realizadas na estação telemétrica de Pinheiros durante as campanhas de biomonitoramento.

**Tabela 2 – Concentrações acumuladas de ozônio troposférico (AOT40) e ultrapassagens do padrão da estação Telemétrica de Pinheiros .**

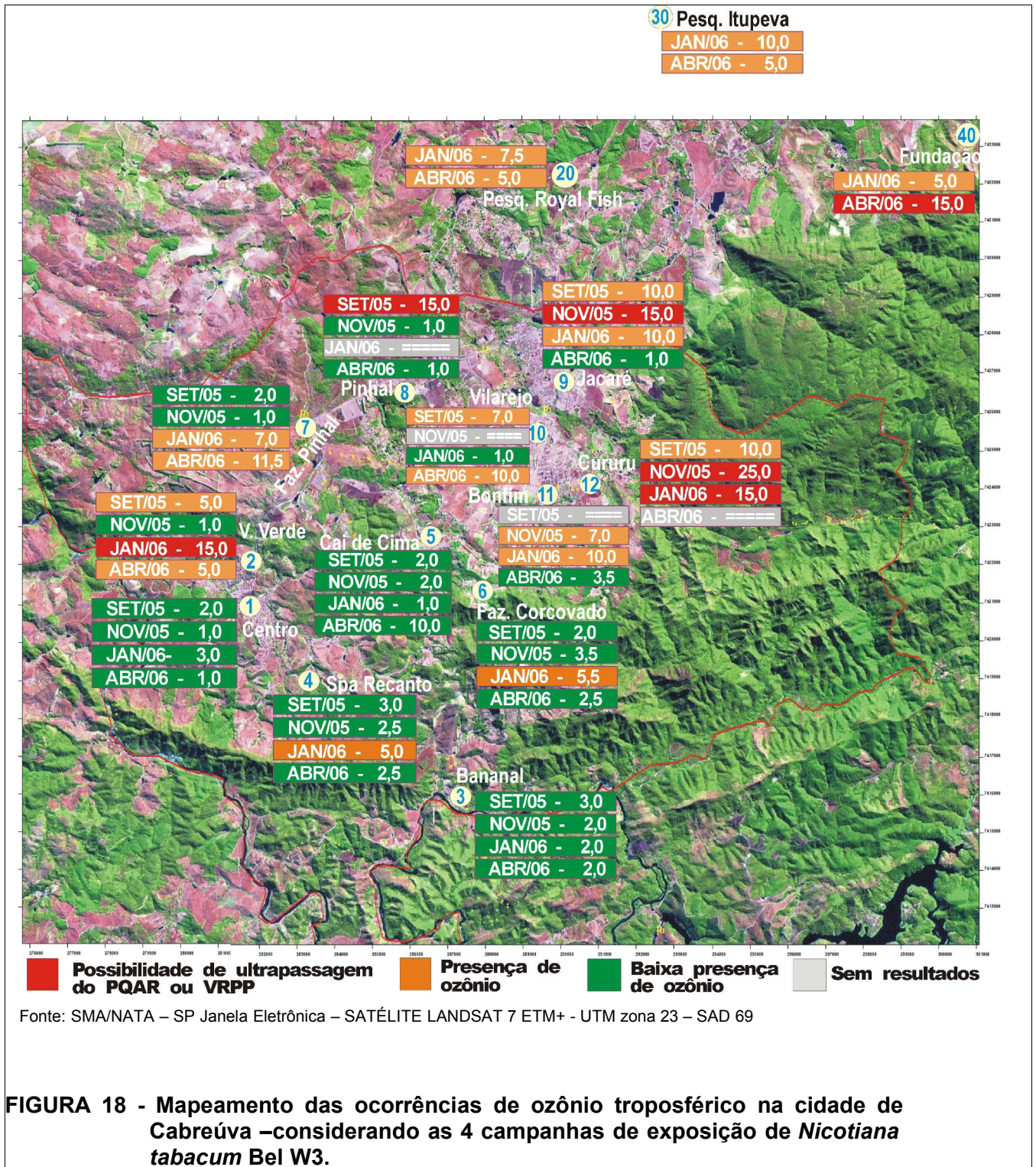
CAMPANHAS (Período de Exposição)	AOT40 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ultrapassagens 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Nº)	Ultrapassagens do padrão $-160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Nº)
Ago-Set/2005	147,55	20	0
Novembro/2005	859,74	35	3
Dez/05-Jan/06	1688,16	63	1
Mar-Abr/2006	336,81	17	0

A maior AOT40 ocorreu no período entre dezembro/05 e janeiro/06, quando foi observado a maior quantidade de ultrapassagens acima de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , justamente o período onde observou-se as maiores porcentagens de injúrias nas plantas expostas em Cabreúva, destacando-se o ponto Cururu. Cabe ressaltar que o valor de AOT40 observado nesse período, se extrapolado para um período de 3 meses, chegaria próximo do Valor de Referência para Proteção da Produtividade Agrícola (VRPP), estabelecido em  $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Para correlacionar as porcentagens de injúrias com a ocorrência de ozônio, estão plotadas, na Figura 8, os resultados obtidos nas diversas campanhas, expressos em classes, baixa presença de ozônio (verde), presença de ozônio (amarelo) e possibilidade de ultrapassagem de padrão de qualidade do ar ou do Valor de Referência para Proteção da Produtividade Agrícola (VRPP) (vermelho), conforme estabelecido no item 2.4.

Pode-se visualizar que os pontos de maior ocorrência de ozônio são Cururu, seguido de Jacaré e Vale Verde, no município de Cabreúva, e os pontos Fundação e Pesq. Itupeva, do eixo Cabreúva-Jundiá, sugerindo a possibilidade do transporte dos precursores de ozônio troposférico advindos desta direção, além das potenciais emissões provenientes do Distrito Industrial localizado no Bairro Jacaré e da emissões veiculares da Rodovia Marechal Rondon.





**FIGURA 18 - Mapeamento das ocorrências de ozônio troposférico na cidade de Cabreúva –considerando as 4 campanhas de exposição de *Nicotiana tabacum* Bel W3.**

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com o biomonitoramento, realizado no Município de Cabreúva com *Nicotiana tabacum* Bel W3, mostraram injúrias foliares, características do efeito fitotóxico do ozônio troposférico, embora, considerando as medianas, os níveis de injúrias foliares foram inferiores a 5% em 5 pontos, incluindo o centro. O local que apresentou as maiores medianas de porcentagem de injúrias foi Cururu (entre 10 e 25%). Medianas superiores a 10% também foram observadas esporadicamente para Vale Verde, Jacaré, Bonfim, Cai de Cima, Fazenda Pinhal e Vilarejo

Dentre as campanhas realizadas, o período mais crítico, quanto a ocorrência de injúrias foliares, foi entre dezembro e janeiro.

A comparação realizada entre as medianas das porcentagens de injúrias foliares, obtidas por campanha e a ocorrência de ozônio troposférico indicam um risco potencial de ultrapassagem de padrão de qualidade do ar ou do Valor de Referência para Proteção da Produtividade Agrícola (VRPP), principalmente no período crítico, nos bairros Cururu e Jacaré.

Desta forma, este estudo indica que, para embasar o pedido do município de tornar-se estância turística, com relação ao ozônio troposférico, faz-se necessária a medição das concentrações desse poluente a fim de verificar se o padrão é ultrapassado.

Por fim, sugere-se avaliar a viabilidade da realização de monitoramento automatizado da concentração de ozônio troposférico, no Bairro Cururu (EMEFEI - Miguel Elpidio da Costa), preferencialmente no período entre dezembro e janeiro.



## 5. BIBLIOGRAFIA

ALLEGRINI, I.; CORTIELLO, M.; MANES, F.; TRIPODO, P. (1994). Physico-chemical and biological monitoring as integrated tools in evaluating tropospheric ozone in urban and semi-rural areas. **The Science of Total Environment** . v.141, p.75-85.

ARNDT, U. (1989). From ecotoxicological results to practical bioindication. In: Brasser, L.J. & Mulder, W.L. (eds) **Man and his ecosystem**. The Hague, Elsevier Science Publishers, 1-32.

ASHMORE, M.R.; BELL, J.N.B. & REILY, C.L. (1980). The distribution of phytotoxic ozone in the British Isles. **Environmental Pollution** (Series B) v.1, p.195-216.

AZEVEDO, C.M. do A.; POMPÉIA, S.L.; FIALHO, R.C.; MENDONÇA, R.R. (1990). Efeito agudo de amônia sobre folhas de 09 espécies da Mata Atlântica. In :CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 41, .Fortaleza- CE, **Anais...**, 1990.

AZEVEDO, C.M.A.; FIALHO, R.C.; POMPÉIA, S.L. (1994). Teor foliar de macronutrientes e fluoretos em espécies da Mata Atlântica afetadas pela poluição atmosférica de Cubatão, SP. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO,10. Santos – SP. **Anais...**, 1994.

AZEVEDO, C.M.A.; POMPÉIA, S.L.; FIALHO, R.C.; DINIZ, K.M.; PELAES, K.B. (1994). Resistência de plantas ao estresse por poluição atmosférica. In: FIRST WORKSHOP OF STUDIES ON HUMAN IMPACT ON FOREST AND FOODPLAINS IN THE TROPICS - SHIFT. Belém – PA. **Anais...**, 1994.

BLUM, O.; BYTNEROWICZ, A.; MANNING, W. and POPOVICHEVA, L. (1997). Ambient tropospheric ozone in the Ukrainian Carpathian Mountains and Kiev region: detection with passive samplers and bioindicator plants. **Environmental Pollution**, v. 98, n.3, p. 299-304.

CETESB. (1996). **Análise química foliar do teor de fluoreto, macro e micro nutrientes em espécies vegetais da Serra do Mar, envasadas em áreas experimentais, Cubatão-SP, Biomonitoramento Ativo**. São Paulo. (Relatório Técnico)

CETESB. (2000). **Monitoramento da qualidade ambiental com a utilização de bioindicadores**. São Paulo. (Relatório Técnico, no prelo).

CETESB. (2004). **Estudos investigativos da ocorrência de ozônio troposférico na Região de Sorocaba – SP**. São Paulo, 87 p. (Relatório Técnico)

CETESB. (2006). **Relatório anual de qualidade do ar**. São Paulo, 139p. (Série Relatórios)

DINIZ, K.M.; MARQUEZ, U.M.L.; BARROS, R.M.C.; POMPÉIA, S.L. (1994). Composição de aminoácidos livres em plantas da Mata Atlântica sob estresse provocado por poluentes atmosféricos em Cubatão - SP. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 10. Santos – SP. **Anais...**, 1994.

FIALHO, R.C.; AZEVEDO, C.M.A.; PELAES, K.B.; POMPÉIA, S.L. (1994). Aspectos anatômicos e fisiológicos e a acumulação foliar de poluentes atmosféricos em espécies da Mata Atlântica de Cubatão, SP. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 10. Santos - SP, **Anais...**,1994.

FIGUEIREDO, J. G. (1994). **Avaliação de gramíneas tropicais como bioindicadoras da presença do flúor**. Viçosa, MG. 1994. 87p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

FOWLER, D.; SMITH, R.I.; COYLE, M.; WESTON, K.J.; DAVIES, T.D.; ASHMORE, M.R. and BROWN, M. (1995). Quantifying the fine scale (1kmX1km) exposure and effects of ozone. Part 1. Methodology and application for effects on forests. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 85, p.1479-1484.

FUHRER, J. (1994). Effects of ozone on managed pasture: I. Effects of open-top chambers on microclimate, ozone flux, and plant growth. **Environmental Pollution**, v.86, p.297-305.

FUHRER, J.; SKÄRBY, L.; ASHMORE, M.R. (1997). Critical levels for ozone effects on vegetation in Europe. **Environmental Pollution**, v. 97, n. 1. p.91-106.

GARREC, J.P. & RADNAI, F. (1996). **Economical study and mapping of air pollution by plant bio-indicators**. France, Institute National de la Recherche Agronomique – INRA, Centre de Recherches de Nancy – Laboratoire Pollution Atmosphérique. 13p. (Internal Report)

GARREC, J.P.; SHANG HE; ROSE, C. & RADNAI, F. (1998). **Mapping of particulate air-pollution on beijing by plant bio-monitors**. France, Institute National de la Recherche Agronomique – INRA, Centre de Recherches de Nancy – Laboratoire Pollution Atmosphérique. 7p. (Internal Report)

GIMENO, B.S.; PEÑUELAS, J.; PORCUNA, J.L. and REINERT, R.A. (1995). Biomonitoring ozone phytotoxicity in eastern Spain. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 85, p.1521-1526.

HEGGESTAD, H. E. (1991). Origin of Bel-W3, Bel-C and Bel-B tobacco varieties and their use as indicators of ozone. **Environmental Pollution**, v.74, p.264-291.

KELLEHER, T.J. & FEDER, W.A. (1978). Phytotoxic concentrations of ozone on Nantucket Island: long range transport from the middle atlantic states over the open ocean confirmed by bioassay with ozone-sensitive tobacco plants. **Environmental Pollution**, v.17, p.187-193.

KOPPEL, A. & SILD, E. (1995). Bioindication of ozone in Estonia by using the Tabaco variety Bel W3. **Water, Air and Soil Pollution**, v.85, p.1515-1519.

LORENZINI, G. (1998). Pianta vascolari come bioindicatori dell'aria (inquinamento da ozono): Proposte Metodologiche. In: WORKSHOP BIOMONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA SUL TERRITORIO NAZIONALE. Roma, **Anais...**, 199-216p.

LORENZINI, G.; NALI, C.; DOTA, M.R. & MARTORANA, F. (1999). Visual Assessment of foliar injury induced by ozone on indicator tobacco plants: a data quality evaluation. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.62, p.175-191

NALI, C. & FUMAGALLI, I. (1998). Pianta vascolari come bioindicatori della qualità dell'aria: stato dell'arte della ricerca realizzata in Italia. In: WORKSHOP BIOMONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA SUL TERRITORIO NAZIONALE. Roma, **Anais...**, 33-53p.

PRADELLA, D.Z.A.; LOPES, M.R.; BATISTA, E.R.; SANTINI, R.G.M.R.; SOUZA, J.B.; MODESTO, R.P.; GUARDANI, M.L.G.; FIALHO, R.C.; ROCCA, C.C. ; ALONSO, C.D. (1999). **Biomonitoramento ativo de ozônio atmosférico com utilização da espécie *Nicotiana tabacum* Bel W3: Relatório Preliminar**. São Paulo : CETESB. 21p.

PEDROSO, A.N.V. (2006). **Avaliação estrutural de *Nicotiana tabacum* BEL W3 sob diferentes níveis de contaminação atmosférica**. São Paulo, SP. 2006. 60p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

PEÑUELAS, J.; RIBAS, A.; GIMENO, B.S. & FILELLA, I.. (1999) Dependence of ozônio biomonitoring on meteorological conditions of different sites in Catalonia (N.E.Spain). **Environmental Monitoring and Assessment**, v.56, p.221-224.

POMPÉIA, S.L.; AIDAR, M.P.M. SUGIYAMA, M.; KIRIZAWA, M.; LOPES, E.A.; CHIEA, S.A.C.; GAETA, M.M.; MENDONÇA, R.R. & SINISGALLI, P.A.A. (1988). Plantas da Serra do Mar resistentes e tolerantes à poluição atmosférica do polo industrial de Cubatão. In: SEMINÁRIO DE INTEGRAÇÃO SOBRE A SERRA DO MAR, 1 São Paulo - SP. **Anais...**, 1988. p.142-146.

POMPÉIA, S.L.; MARTINS, S.E.; JOAQUIM, V.L.L. (1989). Avaliação dos efeitos da deposição de material particulado sobre a superfície foliar utilizando análise por dispersão de energia e microscopia eletrônica de varredura. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 40, Cuiabá - MT. **Anais...**, 1989.

PRADO FILHO, J.F. (1993). Uso de bioindicadores para monitoramento do ar. **Revista Ambiente**, São Paulo: CETESB. v.7, p.57-64.

SÃO PAULO (1990). **APA - Cabreúva: zoneamento ambiental**, produto 1, Secretaria do Meio Ambiente, SMA - COPLASA. 3 mapas, 196p.

SÃO PAULO (2004), **APAS : áreas de proteção ambiental no estado de São Paulo**. São Paulo, BR, SMA, 2004. 250p.(Ex.3-4 em CD).

SHUGART, L.R. (1994). Biological monitoring. In: Renzoni, B., Mattei, N., Lari, L. & Fossi, M. C. (eds.), **Contaminants in the environment. A multidisciplinary assesment of risks to man and others organisms**. Lewis Publishers. p. 29-62.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION (2000). **Air Quality Guidelines for Europe**, 2 ed. WHO: Regional Publications. European Series; n. 91.



## APÊNDICE

### FOTOS ILUSTRATIVAS DO ESTUDO INVESTIGATIVO DA OCORRÊNCIA DE OZÔNIO TROPOSFÉRICO POR MEIO DE BIOMONITORAMENTO – *Nicotiana tabacum* Bel W3 – CABREÚVA – SP – AGOSTO/05 A ABRIL/06



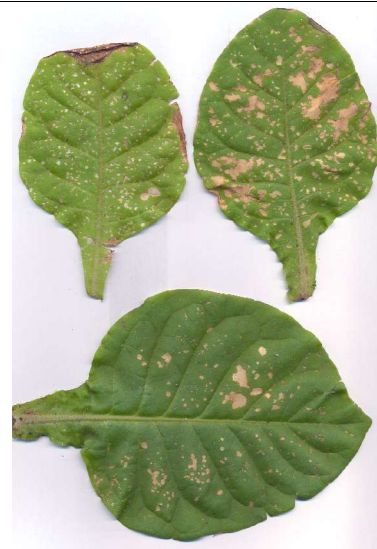
**PRIMEIRA CAMPANHA - agosto/setembro 2005**



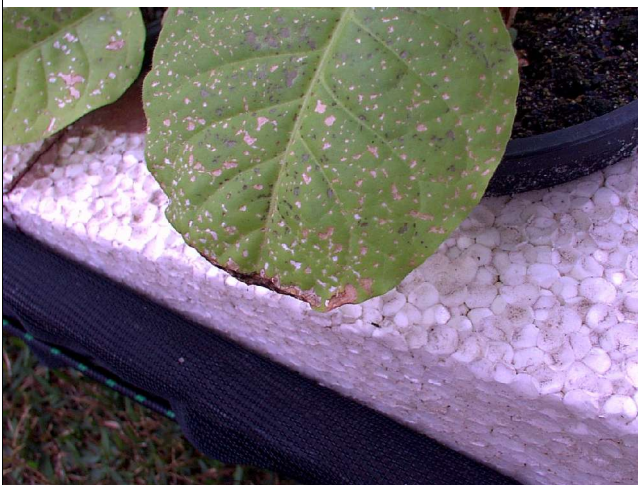
Injúrias foliares - Ponto 2 – Vale Verde



Injúrias foliares - Ponto 3 – Bananal



Injúrias Foliares - Ponto 9 - Jacaré



Injúrias foliares no Ponto 7 – Faz. Pinhal



Folhas com injúrias - Ponto 8 – Bairro Pinhal



**SEGUNDA CAMPANHA – NOVEMBRO/2005**



Injúrias Foliare – Ponto 1 - Centro



Injúrias foliares – Ponto 2 - ValeVerde



Injúrias Foliare – Ponto 3 - Bananal



Injúrias Foliare – Ponto 5 – Cai de cima



Injúrias Foliare – Ponto 9 - Jacaré



Injúrias Foliare – Ponto 12 - Cururu

**TERCEIRA CAMPANHA – Dezembro-2005/Janeiro-2006**



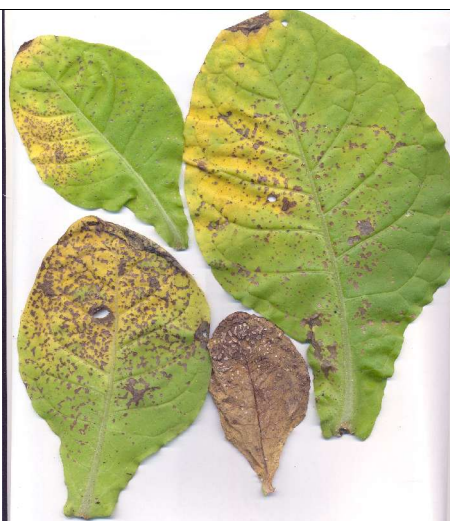
Folhas com injúrias típicas da ação fitotóxica do ozônio troposférico – Município de Cabreúva - SP



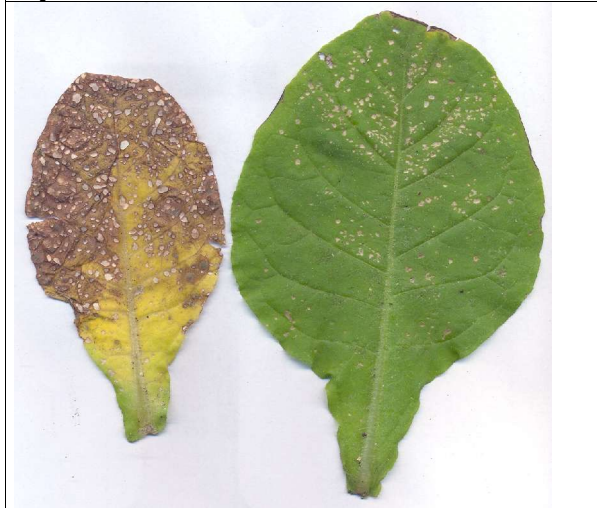
**QUARTA CAMPANHA – MARÇO-ABRIL/2005**



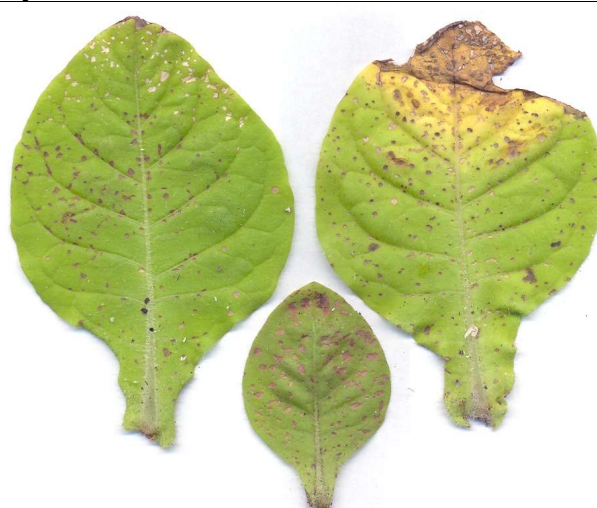
Injúrias foliares – Ponto 2 – Vale Verde



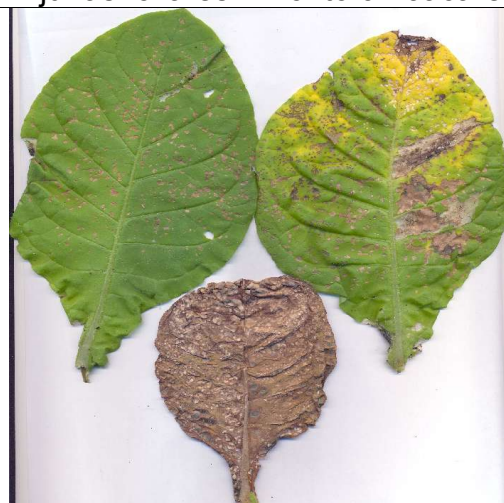
Injúrias foliares – Ponto 5 – Cai de Cima



Injúrias foliares – Ponto 9 - Jacaré



Injúrias foliares – Ponto 10 - Vilarejo



Injúrias foliares – Ponto 40 - Fundação



Injúrias Foliares – Ponto 100 - Pinheiros