

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM POPULAÇÕES URBANAS DE *INGA EDULIS* MART. (FABACEAE) POR MEIO DO MÉTODO DE BIOMONITORAMENTO PASSIVO

Renata Cavallaro¹
João Carlos Ferreira de Melo Júnior²
Mariane Bonatti-Chaves³
Gladys Daniela Rogger Renner⁴

RESUMO

O presente estudo avaliou o efeito de material particulado sobre populações de *Inga edulis* Mart. (Fabaceae) por meio do método de biomonitoramento passivo em duas áreas amostrais (poluída e controle) na região urbana do município de Joinville/SC. Em cada área foram selecionados cinco indivíduos amostrais. De cada indivíduo coletaram-se 40 folhas da copa externa, para a mensuração de atributos funcionais morfoanatômicos e do material particulado. As médias dos atributos foram comparadas pelo teste t. Teste de correlação de *Pearson* foi usado para verificar a relação entre o material particulado e os atributos foliares. Observou-se maior quantidade de material particulado depositado sobre as folhas nos indivíduos da área poluída. Todos os atributos biológicos diferiram entre as áreas poluída e controle. A área específica foliar mostrou que os indivíduos da área controle investem mais em produção fotossintética, enquanto os indivíduos da área poluída investem na manutenção da folha. A redução na espessura total do limbo indica maior desenvolvimento de tecidos assimiladores na área controle em detrimento da área poluída. Correlações negativas indicam que o aumento da concentração de material particulado é seguido da redução dos valores dos atributos foliares. Os resultados obtidos evidenciam que a poluição atmosférica exerce influência no desenvolvimento foliar de *I. edulis* e corroboram a relação entre o aumento da concentração de material particulado e a produção de injúrias nas plantas. Essa espécie mostrou-se eficiente como bioindicadora em sistemas de biomonitoramento da qualidade atmosférica ambiental.

Palavras-chave: *Inga edulis*; biomonitoramento ambiental; material particulado; qualidade do ar; qualidade ambiental.

ABSTRACT

Air pollution is a precursor of injuries in plants development. This study evaluated the effects of urban air pollution in the city of Joinville (SC) on populations of *Inga edulis* Mart. (Fabaceae) by passive biomonitoring method. Two sites were selected: 1 - polluted area: industrial zone of the city of Joinville; 2

¹ Discente do Curso de Ciências Biológicas - Meio Ambiente e Biodiversidade, Universidade da Região de Joinville – Univille;

² Laboratório de Anatomia e Ecologia Vegetal, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade da Região de Joinville;

³ Departamento de Engenharia Química, Universidade da Região de Joinville;

⁴ Laboratório de Anatomia e Ecologia Vegetal, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade da Região de Joinville.

- control area: remaining forest at an advanced stage and bordering the urban perimeter. In each area were selected 5 sample individuals, totaling a sample group of 10 plants. Each individual sample was collected 40 leaves the outer cup, to the measurement of morphoanatomic functional attributes and the particulate matter deposited on the leaf. The qualitative analysis, using the scanning electron microscopy technique, was used to evaluate the anatomy and morphology damages to the integrity of the leaf, as well as the morphology of the particulate matter. Means of variables was analyzed by t test. Pearson correlation test was used to check the relationship between particulate matter and leaf traits. Increased amount of particulate matter deposited on the leaves was observed in polluted area. All biological attributes differed between populations of *I. edulis* of polluted and control areas. In the polluted area, leaf area is smaller than in the control area. The leaf specific area showed that the control area individuals invest more in photosynthetic production while individuals of the polluted area invest in leaf maintaining. The reduction in total limbo thickness indicates further development of assimilatory tissues in the control area at the expense of the polluted area. Negative correlations indicate that increasing the concentration of particulate matter is followed by reduction of the values of leaf attributes. The results indicate that air pollution influences the development *I. edulis* leaf, and confirm the relationship between the concentration of particulate matter and decreased leaf traits related to plant development. This species proved effective as biomarkers in biomonitoring environmental quality.

Keywords: *Inga edulis*; biomonitoring, particulate matter; air quality; environmental quality

INTRODUÇÃO

A crescente industrialização após a revolução industrial é reconhecida como o fator preponderante na degradação ambiental do planeta, gerando impactos como degradação do solo, da água e do ar em escala exponencial (BRAGA, HESPANHOL e CONEJO, 2002). O atual modelo econômico possui evidentes características de insustentabilidade decorrentes do grau de degradação ambiental gerado. Em curto prazo, alguns poucos são beneficiados com tal modelo econômico, mas em longo prazo todos perdem, tendo em vista as consequências globais das ações decorrentes de desenvolvimento ambientalmente desequilibrado (MARTINE, 1996).

Normalmente os grandes centros urbanos oferecem condições desfavoráveis para uma qualidade de vida saudável. Isso decorre da crescente poluição provocada pela queima de combustíveis fósseis, trânsito intenso, lançamentos de efluentes e/ou resíduos sólidos domésticos e industriais nos rios e solos, emissão de gases poluentes no ar atmosférico e queimadas urbanas (CARNEIRO, 2004). A exposição ao ar poluído foi incluída entre as principais causas do câncer de pulmão, sendo mais severa que o tabagismo (IARC, 2013) e responsável por mais de 7 milhões de mortes em 2012. Isso significa que uma em cada oito mortes no mundo está

relacionada à exposição ao ar contaminado (WHO, 2016). Muitos estudos relacionam a concentração de material particulado, mais especificamente partículas inaláveis grossas (MP₁₀) e finas (MP_{2,5}), ou seja, material particulado cujo diâmetro aerodinâmico está entre 10 e 2,5 µm e menor que 2,5 µm, respectivamente (CETESB, 2001), com a incidência de doenças respiratórias como asma e pneumonia (PATTO *et al.*, 2016).

Um agravante quando se fala de poluição atmosférica é sua capacidade de dispersão no ambiente. Esse tipo de contaminação é percebido em níveis locais, regionais e globais, podendo também ser sentido em áreas vizinhas que, muitas vezes, não abrigam as fontes de emissão (BRAGA, HESPANHOL e CONEJO, 2002). Além disso, os poluentes lançados no ambiente podem ser bioacumulados por diversos organismos em seus tecidos e órgãos, tornando-se disponíveis e novamente acumulados ao longo das teias tróficas (ALMEIDA, 2009).

Nas plantas, a poluição atmosférica pode ser responsável por sérias injúrias, causando-lhes alterações estruturais e funcionais (RAI, 2016). A extensão em que as funções vitais dos vegetais são afetadas pelos poluentes, e se há danos visíveis, depende de muitos fatores, tanto bióticos como abióticos (LARCHER, 2006). As principais injúrias decorrentes da poluição do ar observadas em plantas são: aumento ou diminuição na produção de algumas enzimas (IQBAL *et al.*, 2010); alterações genéticas (FLECK, MORESCO e RHODEN, 2016); alterações quantitativas e qualitativas de metabólitos e aumento na concentração de hormônios vegetais relacionados ao estresse (WANNAZ, ZYGADLO e PIGNATA, 2003); aumento ou diminuição da respiração e distúrbios na fotossíntese (GEROSA *et al.*, 2003); alterações na abertura e no fechamento estomático (PINA e MORAES, 2010); e alterações anatômicas na epiderme, tecidos vasculares e fotossintetizantes (ARRIVABENE *et al.*, 2015). Por conseguinte, essas alterações levam a sintomas como clorose e necrose em tecidos e órgãos, que podem evoluir, levando o indivíduo à morte (MANNING e FEDER, 1980).

Em decorrência dessas alterações, organismos ou comunidades de organismos que reagem de forma previsível e quantificável às perturbações ambientais, por meio de alterações estruturais, funcionais e químicas, podem ser usados como bioindicadores para a avaliação ou monitoramento de mudanças no ambiente (ARNDT e SCHWEIZER, 1991).

Vários estudos têm demonstrado os efeitos negativos dos poluentes sobre os vegetais por meio do método de biomonitoramento passivo, no qual se utilizam populações de organismos residentes nas áreas fonte da poluição (MELO JUNIOR, RAIMUNDO e AMORIM, 2014). O biomonitoramento é uma técnica bastante empregada atualmente na identificação da qualidade do ar nos grandes centros urbanos. Portanto, pesquisas de biomonitoramento da qualidade ambiental se fazem necessárias em relação à degradação do meio ambiente para prever as consequências da poluição sobre os organismos vivos e gerar ações mitigadoras destinadas à redução da emissão de poluentes atmosféricos (SILVA, 2011).

Entre os principais programas de biomonitoramento no mundo, destacam-se o Programa de Biomonitoramento do Ozônio, realizado pelo Forest Inventory and Analysis, que monitora o impacto do ozônio troposférico em áreas florestais; o Air Quality Biomonitoring Program on National Forests of Northwest Oregon and Southwest Washington, que emprega líquens e musgos para detectar e descrever o impacto dos poluentes atmosféricos na região e determinar o potencial bioindicador desses organismos; e o EuroBionet, rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (PEDROSO, 2007).

No Brasil ainda não existem programas de biomonitoramento desse escopo, porém existem grupos de pesquisa que utilizam espécies nativas de plantas para avaliar o efeito da poluição atmosférica em algumas localidades do país, como Salvador/BA (LIMA, FERNANDES e FAWCETT, 2000; KLUMPP *et al.*, 2003), São Paulo/SP (ALVES, 1995; DOMINGOS, KLUMPP e KLUMPP, 1998; BATALHA *et al.*, 1999; FERREIRA *et al.*, 2000; GUIMARÃES *et al.*, 2000; ALVES *et al.*, 2001; DOMINGOS *et al.*, 2002; MORAES *et al.*, 2002; ALVES *et al.*, 2003; PEDROSO, 2007; SANTOS *et al.*, 2014), Taubaté/SP (TEIXEIRA e BARBÉRIO, 2012), Ribeirão Preto/SP (SANTOS, 2012), Viçosa/MG (PRADO-FILHO, 1993; CHAVES *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2005), Dourados/MS (CRISPIM *et al.*, 2014), Curitiba/PR (ALVES, 2001; BUJOKAS, 2001; MARANHO *et al.*, 2006) e Joinville/SC (MELO JUNIOR, RAIMUNDO e AMORIM, 2014).

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da poluição atmosférica urbana sobre populações nativas de *Inga edulis* Mart. (Fabaceae) por meio do método de biomonitoramento passivo. Tem-se como hipótese que a maior concentração de material

particulado pode ser encontrada na superfície de folhas de *Inga edulis* Mart. (Fabaceae) localizado em área de maior atividade industrial, podendo-se observar maior ocorrência de injúrias em indivíduos localizados em áreas poluídas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Localizada na região Sul do país e considerada o maior polo industrial do estado de Santa Catarina, a cidade de Joinville conta com mais de 1.400 indústrias dos setores metal-mecânico, têxtil, plástico, metalúrgico, químico e farmacêutico (IPPUJ, 2014). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo mesotérmico, úmido sem estação seca definida (Cfa). A umidade relativa média anual do ar é de 76,04%. A temperatura média anual é de 22,63°C, sendo a média das máximas 27,18°C e a média das mínimas de 18,91°C. O mês mais quente é janeiro, com temperatura média em torno de 25°C, e julho é o mês mais frio, com temperatura média de 17°C. As chuvas são abundantes durante todo o ano, mas ocorrem com maior frequência no verão. Todo o território pertence ao domínio da Mata Atlântica, com mais de 60% de sua área coberta pela Floresta Ombrófila Densa (cerca de 680 km²), a qual assume características diferenciadas conforme a altitude, o clima e o tipo de solo da região. Esse tipo de vegetação, que cobria originalmente quase toda a extensão do município, atualmente está restrito aos morros, às montanhas e serras e a alguns remanescentes de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas isolados no maciço urbano (IPPUJ, 2014).

Para o estudo foram selecionadas duas áreas amostrais: 1) área poluída: zona industrial da cidade de Joinville, localizada no início da encosta do morro da Boa Vista e situada nas coordenadas geográficas 26°17'25.77"S e 48°48'50.95"W. É a mais antiga zona industrial da cidade, com 1.208.000 m², e abriga a principal indústria metal-mecânica da região, a qual atua no local desde a década de 1950 (IPPUJ, 2014); 2) área controle: remanescente florestal em estágio sucessional avançado de regeneração e limítrofe do perímetro urbano da cidade, localizado no bairro Itinga nas coordenadas geográficas 26°22'50.26"S e 48°48'27.95"W. Não possui nenhuma indústria em seu entorno (figura 1).



e-ISSN 2594-679X

Espécie em estudo

A espécie *Inga edulis* Mart., conhecida popularmente como ingá-verdadeiro e pertencente à família Fabaceae, é uma árvore nativa, pioneira, perenifólia, de crescimento rápido e tolerante à inundação. Pode ser encontrada no dossel e no sub-bosque das florestas. De copa umbeliforme larga, moderadamente densa e composta por dois nítidos estratos, atinge até 30 m de altura e 60 cm de diâmetro. Possui folhas compostas paripinadas de raque alada, com 4-6 pares de folíolos de 4-8 cm de comprimento (basais) e 12-18 cm (terminais), pecíolos cilíndricos e nectário extrafloral entre cada par de folíolos (POSSETTE e RODRIGUES, 2010). Floresce de outubro

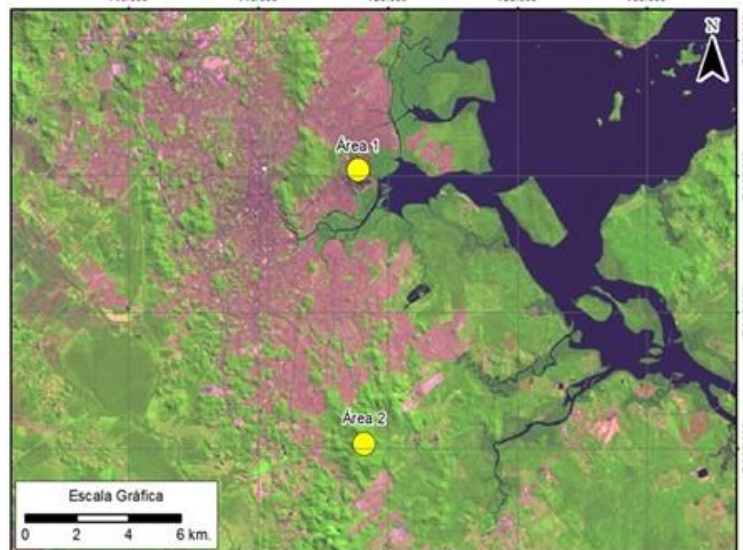
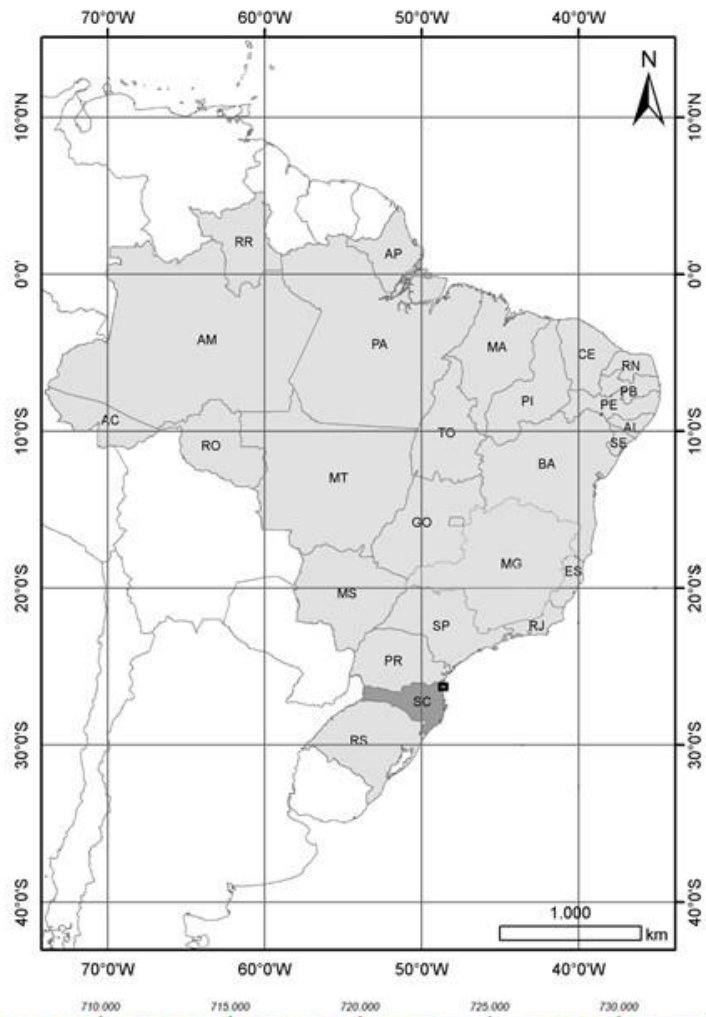


Figura 1 – Localização espacial da área de estudo no município de Joinville, SC. Área 1: poluída, localizada na zona industrial da cidade, no início da encosta do morro da Boa Vista; Área 2: controle, remanescente florestal do Ronco d'água, bairro Itinga.

a janeiro, e seus frutos são fonte nutricional para pássaros e primatas (LORENZI *et al.*, 2006). *I. edulis* Mart. é encontrada em diversos ambientes, desde o nível do mar até altitudes de 3.000 m, ocorrendo em toda a zona tropical úmida, desde 24° N no México até 34° S no Uruguai (PENNINGTON, 1997).

Coleta e análise de material botânico

Em cada uma das áreas foram selecionados cinco indivíduos de *Inga edulis*, totalizando um grupo amostral de dez plantas. De cada indivíduo amostral foram coletadas 30 folhas da copa externa, fixadas do 3.º ao 5.º nó, completamente expandidas e sem lesões provocadas por herbívoros, para a mensuração de atributos funcionais morfoanatômicos e do material particulado depositado sobre a planta. Em função de a espécie em estudo possuir folha composta, o folíolo mediano foi interpretado como uma folha simples para todas as análises realizadas (BONGERS e POPMA, 1990). Todas as coletas foram realizadas na mesma estação do ano.

A análise morfológica, baseada em 20 folhas por indivíduo e N=100, considerou os atributos de massa fresca (g) obtida em balança analítica, massa seca (g) obtida em balança analítica após secagem a 70°C em estufa de circulação de ar por 72 horas, área foliar (cm²) obtida por meio do *software Sigma Scan Pro 5.0* e área específica foliar (cm².g⁻¹) calculada pela razão entre a área foliar e a massa seca (WITKOWSKI e LAMONT, 1991).

Observações anatômicas, baseadas em cinco folhas por indivíduo e N=25, foram realizadas com folhas fixadas em solução FAA 70 (formol, ácido acético e álcool etílico) e posteriormente armazenadas em álcool etílico 70%. Foram confeccionadas lâminas histológicas semipermanentes a partir de secções transversais do terço médio da lâmina foliar, clarificadas em hipoclorito de sódio e montadas em água glicerinada (KRAUS e ARDUIN, 1997). Fizeram-se as observações em microscópio óptico *Olympus CX 31*, e as medições da espessura da epiderme das faces adaxial + cutícula (µm) e abaxial + cutícula (µm), parênquima paliçádico (µm), parênquima lacunoso (µm) e espessura total do limbo (µm) foram tomadas em *software Dino Eye 2.0*.

Obtiveram-se fotomicrografias no mesmo equipamento (microscópio óptico *Olympus CX 31*), por meio de lâminas permanentes de seções transversais do terço médio da lâmina foliar emblocada em parafina, corada com fucsina básica e montada em resina sintética (PAIVA *et al.*, 2006).

Coleta e análise de material particulado

Para a determinação da massa de material particulado (MP, $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$) depositado por unidade de área, utilizaram-se cinco folhas de cada indivíduo das duas áreas amostrais, com $N=25$. A massa foi obtida com auxílio de balança analítica pela subtração entre a massa seca foliar e massa seca foliar após a limpeza da superfície foliar. A limpeza da folha foi realizada com o uso de algodão, pinça e pincel, para total remoção de material particulado depositado em sua superfície. A área foliar (cm^2) foi obtida por meio do *software Sigma Scan Pro 5.0* (REIS, 2014). O registro visual do MP depositado sobre a folha ocorreu por intermédio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) a partir de material foliar desidratado. Após secagem via ponto crítico e metalização a vácuo por carbono, a superfície adaxial da epiderme foliar foi observada e fotografada em Microscópio Eletrônico de Varredura JSM 6701 F.

Análise estatística

Para cada atributo analisado calcularam-se a média e o desvio-padrão. A comparação das médias dos atributos analisados foi feita por meio do teste t de *Student*, com $p<0,05$, em ambiente R, após a verificação da normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias (BORCARD, GILLET e LEGENDRE, 2011). Recorreu-se ao teste de correlação de Pearson para verificar possíveis relações entre a concentração de MP e os atributos foliares analisados (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Maior concentração de material particulado foi observada sobre a superfície foliar de *Inga edulis* na população amostral da área poluída em comparação à área controle. Nesta última, a concentração de material particulado variou de 0,09 a 0,24 mg/cm², sendo o valor médio encontrado de 0,18 mg/cm². Tal valor é aproximadamente 60% inferior ao encontrado na superfície foliar na população amostral da área poluída. A concentração de material particulado observado na população amostral da área poluída variou de 0,22 a 0,38 mg/cm², sendo o valor médio igual a 0,29 mg/cm² (figuras 2 e 3). A maior prevalência desse tipo de poluente no ar atmosférico na área poluída sugere, por conseguinte, a possível falta de medidas preventivas pelas potenciais fontes de emissão de poluentes, como, por exemplo, instalação de filtros em chaminés, que permitam ao menos reduzir a emissão de MP na atmosfera.

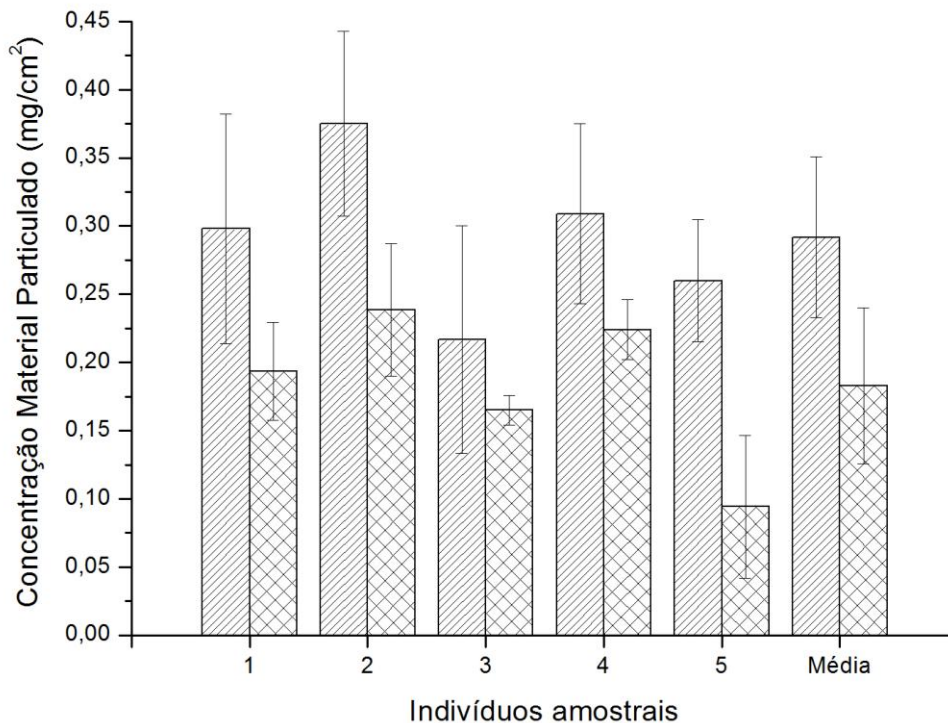


Figura 2 – Concentração de material particulado (mg/cm²) por indivíduo amostral de *Inga edulis* Mart. (Fabaceae) nas áreas poluída (coluna hachurada) e controle (coluna quadriculada) do município de Joinville, Santa Catarina.

Sob a denominação geral de material particulado encontra-se um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho. As principais fontes de emissão de material particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros. O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar. O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial em causar problemas à saúde e ao meio ambiente; quanto menores maiores os efeitos provocados. O material particulado pode ser classificado ainda como partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (MP_{10}) e fumaça (FMC). De forma simplificada, define-se PTS aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que $50 \mu\text{m}$. Uma parte dessas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade. Partículas inaláveis (MP_{10}) são definidas como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que $10 \mu\text{m}$. As partículas inaláveis são classificadas como partículas inaláveis finas ($\text{MP}_{2,5}$), cujo diâmetro aerodinâmico é menor que $2,5 \mu\text{m}$, e partículas inaláveis grossas, cujo diâmetro aerodinâmico está entre $2,5$ e $10 \mu\text{m}$. As partículas finas, em virtude de seu tamanho diminuto, podem atingir os alvéolos pulmonares, já as grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório. A definição de fumaça (FMC) está associada ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão. O método de determinação da fumaça está baseado na medida de refletância da luz que incide na poeira (coletada em um filtro), o que confere a esse parâmetro a característica de estar diretamente relacionado ao teor de fuligem na atmosfera (CETESB, 2001).

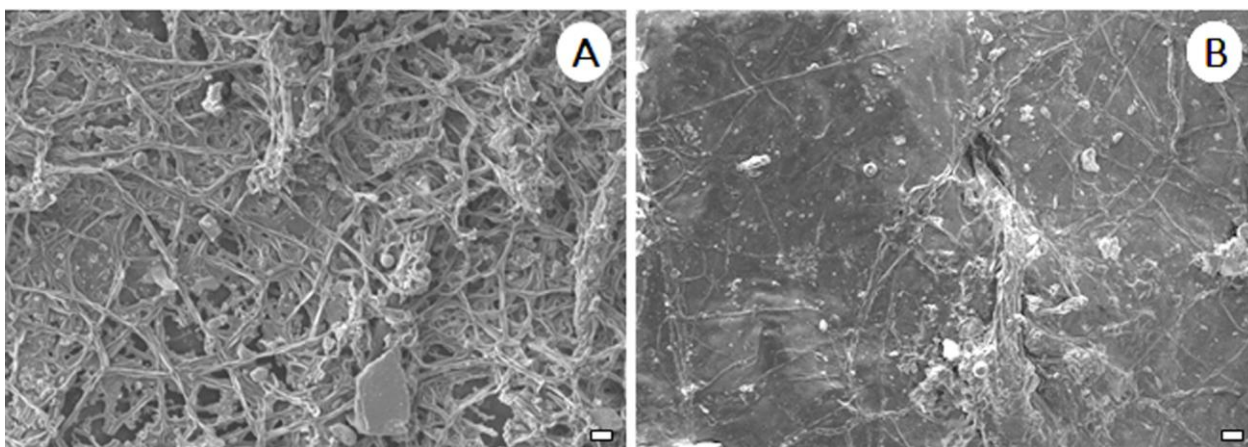


Figura 3 – Material particulado depositado sobre a folha de *Inga edulis* Mart. (Fabaceae) nas áreas poluída e controle do município de Joinville, Santa Catarina. Legenda: A: superfície adaxial da epiderme foliar na área poluída. B: superfície adaxial da epiderme foliar na área controle. Barra de escala = 10 μm .

O efeito tóxico de poluentes sobre as células vegetais foi descrito na literatura por vários autores como uma causa importante de desorganização na estrutura celular dos vegetais expostos aos agentes poluidores. Sombreamento, fechamento dos estômatos e diminuição do fluxo de CO_2 , são alguns dos efeitos que a poluição por poeira (ou material particulado) pode causar (OLIVEIRA *et. al.*, 2011), resultando na redução da fotossíntese e, como consequência, na diminuição do crescimento vegetal (POURKHABBAZ *et al.*, 2010). Outras alterações fisiológicas e bioquímicas, como mudanças nas atividades enzimáticas e fotossintéticas também foram relatadas (PEDROSO, 2007; POURKHABBAZ *et al.*, 2010). Tais alterações podem resultar em mudanças na cutícula e na produção de ceras epicuticulares (SANT'ANNA-SANTOS e AZEVEDO, 2010), na proporção e arranjo das células e espaços do mesófilo (ALVES *et al.*, 2008; SANT'ANNA-SANTOS e AZEVEDO, 2010), na ocorrência de necrose, clorose e na queda de folhas (LIMA, 2001).

Reis (2014) avaliou a concentração de material particulado atmosférico adsorvido na superfície foliar de *Pachira aquatica* Aubl. (Malvaceae), conhecida vulgarmente como monguba, localizada em diferentes distâncias (100, 200 e 300 m) a partir do eixo da BR-153, situada no perímetro urbano de Goiânia. O valor mais alto observado foi $19,1 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ ($1,9 \text{ mg}/\text{cm}^2$), não sendo possível observar diferenças estatisticamente significativas nas concentrações de material

particulado adsorvido na superfície foliar de monguba das diferentes localizações. Tal valor é 6,5 vezes superior ao encontrado no presente trabalho, na área poluída (valor médio igual a 0,29 mg/cm²). Diferenças estatisticamente significativas foram observadas pelo autor para a concentração de material particulado adsorvido entre os períodos seco e chuvoso, sendo a menor concentração no período de maior incidência de chuva.

Alves, Tresmondi e Longui (2008) estudaram a estrutura foliar de exemplares de *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) encontrados em área rural, isentos de poluentes aéreos urbanos, e de exemplares encontrados em dois pontos da cidade de São Paulo: canteiro central da Avenida dos Bandeirantes (concentração de material particulado atmosférico igual a 48 µg/m³), com tráfego veicular intenso, portanto com alta carga de poluentes primários, e no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), submetido a altas concentrações de poluentes secundários. As folhas coletadas no meio urbano mostraram menores dimensões, menor espessura do mesofilo, maior densidade estomática e maior quantidade de cristais. A espessura do parênquima lacunoso sofreu redução em comparação às plantas do ambiente rural e urbano; observou-se a menor espessura nas folhas submetidas a poluentes secundários.

Estudo com a espécie *Abarema* sp. (Fabaceae) indicou que a deposição de material particulado limita as trocas gasosas nas folhas dos indivíduos e gera limitação da atividade fotossintética. Pereira *et al.* (2010) notaram maior transpiração foliar, assim como menor resistência estomática, em folíolos de *Abarema* sp. sem a presença de material particulado adsorvido em sua superfície. A camada de material particulado impõe uma barreira mecânica, reduzindo a difusão de gás carbônico e atenuando a incidência luminosa sobre a folha. O gás carbônico é fonte essencial para a produção de carboidratos, por isso a limitação dele compromete o crescimento (TAIZ e ZEIGER, 2002). Por outro lado, a luz é fundamental para a ocorrência das trocas gasosas, pois estimula a abertura estomática e promove a excitação eletrônica nos fotossistemas, o que desencadeia o processo da fotossíntese (LARCHER, 1986; TAIZ e ZEIGER, 2002), mecanismo este prejudicado em função do bloqueio da luz pela deposição de material particulado sobre a superfície foliar. A deficiência na produção fotossintética, desencadeada pela obstrução dos estômatos e pela redução da captação da radiação luminosa, reflete a baixa capacidade de alocação de recursos pelo vegetal e reduz o seu

crescimento. Morfologicamente tal relação também foi constatada nas populações de *Inga edulis* Mart. (Fabaceae), estudada no presente trabalho, por meio dos atributos de massas fresca e seca e área foliar (tabela 1). Folhas com área reduzida, menor biomassa acumulada e menor retenção de água foram verificadas na área poluída em comparação à área controle.

Tabela 1 – Valores médios e respectivos desvios-padrão dos atributos morfoanatômicos das populações de *Inga edulis* Mart. (Fabaceae) nas áreas poluída e controle do município de Joinville, Santa Catarina. Letras distintas nas linhas indicam diferença estatística significativa, com $p < 0,05$.

Atributos	Área poluída	Área controle
Massa fresca (g)	0,46 ± 0,13 ^b	0,74 ± 0,20 ^a
Massa seca (g)	0,22 ± 0,05 ^b	0,34 ± 0,10 ^a
Área foliar (cm ²)	21,17 ± 5,73 ^b	29,71 ± 9,21 ^a
Área específica foliar (cm ² /g)	98,31 ± 13,22 ^a	86,92 ± 16,94 ^b
Epiderme adaxial (µm)	14,77 ± 5,36 ^b	17,52 ± 5,90 ^a
Epiderme abaxial (µm)	17,7 ± 5,38 ^a	16,19 ± 5,67 ^b
Parênquima paliçádico (µm)	77,99 ± 30,2 ^b	103,33 ± 33,4 ^a
Parênquima lacunoso (µm)	86,87 ± 35,3 ^b	104,37 ± 45,8 ^a
Limbo (µm)	184,00 ± 65,9 ^b	223,54 ± 79,3 ^a

Santos (2012) avaliou a poluição atmosférica em três regiões urbanas de Taubaté por meio da relação de parâmetros ambientais como MP₁₀, NO₂, O₃, temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e radiação solar com parâmetros fisiológicos, anatômicos, de crescimento e composição química foliar de mudas de *Tibouchina pulchra* Cogn. (Melastomataceae) e *Tradescantia pallida* (Rose) D. R. Hunt (Commelinaceae). Os resultados indicaram que os níveis de poluentes atmosféricos no município comprometeram a capacidade fotossintética das plantas, afetando significativamente o seu crescimento. Em geral, as plantas expostas na região central apresentaram maior fotoinibição, menor teor de clorofila total, menor atividade específica da SOD (enzima superóxido dismutase), menor espessura foliar, menor AFE (área foliar específica), menor produção de biomassa e maior acúmulo foliar de elementos químicos relacionados à poluição atmosférica. O autor observou ainda maior efeito genotóxico, durante a formação de

gametas em *T. pallida* (Rose) D. R. Hunt (Commelinaceae), em plantas expostas nessa região, caracterizado por intenso fluxo de veículos.

Pesquisas com o uso de bioindicadores vegetais, como método complementar de monitoramento da contaminação atmosférica, demonstraram em seus resultados que as alterações mais frequentes ocorrem nas folhas, o que inclui a abscisão foliar. No entanto outras alterações, como redução de crescimento, mudanças nos padrões de floração ou ainda na frequência e abundância de populações quando expostas a poluentes atmosféricos, também são verificadas (KLUMPP, KLUMPP e DOMINGOS, 1996; KLUMPP *et al.*, 2003; BURGER, 2006).

Os atributos morfológicos foliares evidenciaram maiores valores na área controle. A mesma tendência foi acompanhada pelos atributos anatômicos, exceto para a espessura da face abaxial da epiderme. Relação inversamente proporcional foi identificada para o atributo da área específica foliar (AEF), com valor médio mais elevado na população da área poluída (tabela 1). Esses dados sugerem que os indivíduos localizados na área com maior concentração de material particulado, por serem mais suscetíveis a essa nociva condição ambiental, tendem a fazer maior investimento na manutenção do corpo vegetal, uma vez que os tecidos fotossintetizantes são os primeiros a sofrer injúria pelos poluentes. Já na área controle, os indivíduos tendem a investir mais em crescimento.

Os tecidos parenquimáticos clorofilianos (paliçádico e lacunoso), que compõem o mesofilo, assim como a espessura total do limbo apresentaram maior valor médio para os indivíduos da área controle (tabela 1), resultante do maior incremento dos parênquimas paliçádico e lacunoso em relação ao volume, tamanho celular e número de camadas celulares desses tecidos.

Malhotra e Blauel (1977), examinando acículas de *Pinus sp.* (Pinaceae) submetidas a SO₂, verificaram o aparecimento de rupturas nas membranas dos cloroplastos, sendo tais rupturas mais severas em acículas velhas do que em folhas jovens. Assim, acredita-se que o menor investimento em produção fotossintética sugerido para indivíduos de *I. edulis* Mart. (Fabaceae) situados na área poluída possa também estar ligado a um processo similar de degeneração de tecidos fotossintetizantes e a subsequente fotoinibição. Resultados equivalentes foram encontrados em plantas de *Tibouchina pulchra* Cogn. (Melastomataceae) e *Tradescantia pallida*

(Rose) *D. R. Hunt* (Commelinaceae) expostas a níveis elevados de poluição do ar, as quais tiveram a capacidade fotossintética comprometida, afetando significativamente o seu crescimento (SANTOS, 2013).

Folhas mais delgadas ocorreram nos indivíduos da área potencialmente poluída, enquanto as folhas mais espessas nas plantas da área controle. Respectivas diminuições e aumentos na espessura do mesofilo foram decorrentes do menor ou maior desenvolvimento dos tecidos fotossintetizantes (tabela 1, figura 4), corroborando a relação observada entre o aumento da concentração de poluentes e a diminuição na espessura do mesofilo e do limbo (ALVES *et al.*, 2001; REIG-ARMIÑANA *et al.*, 2004).

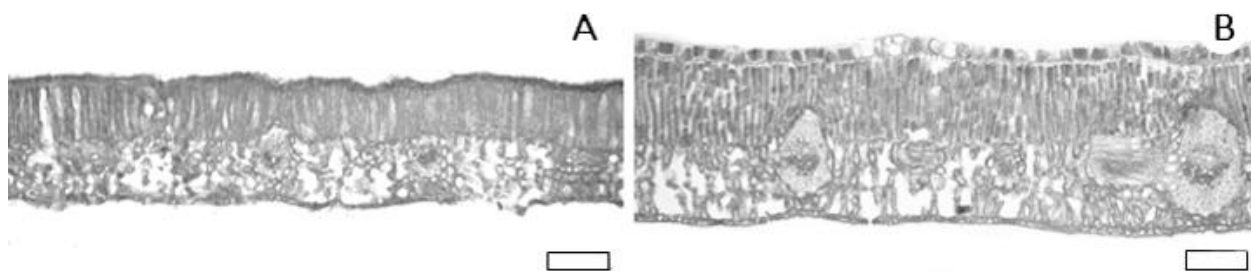


Figura 4 – Estrutura anatômica foliar de *Inga edulis* Mart. (Fabaceae) nas áreas poluída (A) e controle (B) do município de Joinville, Santa Catarina. Barra de escala = 100µm.

Diminuição da espessura da folha de espécies sensíveis, quando comparadas às tolerantes à poluição atmosférica, pode decorrer apenas da diminuição da espessura do parênquima paliçádico, enquanto o parênquima lacunoso não sofre alteração (BENNETT *et al.*, 1992), o que não foi observado em *I. edulis* Mart. (Fabaceae), em função da redução no parênquima lacunoso. Embora seja possível que a redução dos tecidos fotossintetizantes acarrete declínio na produção fotossintética, essa redução dificulta o deslocamento de gases poluentes nos tecidos do mesofilo pela redução dos espaços intercelulares, como o observado em híbridos de *Tradescantia* (Commelinaceae) (ALVES *et al.*, 2001).

Estudos com *Tibouchina granulosa* (Ders.) Cogn. (Melastomataceae) demonstraram que as variações estruturais observadas nas plantas localizadas em áreas poluídas decorreram das injúrias provocadas pela presença de gases poluentes na atmosfera, destacando-se, além da diminuição da espessura do limbo e do mesofilo, menor conteúdo de água, maior investimento em tecidos mecânicos pela degeneração do tecido fotossintético e fotoinibição deste (MELO JUNIOR, RAIMUNDO e AMORIM, 2014).

Situação inversa apresentada pelo atributo da área específica foliar (AEF), com maior valor médio para os indivíduos da área poluída, indica a menor densidade foliar provocada pela redução dos tecidos fotossintéticos no mesofilo das plantas mais expostas aos poluentes. A AEF pode ser afetada diretamente pela massa seca, espessura do mesofilo, tecidos de sustentação e teor de água (MEZIANI e SHIPLEY, 1999) em resposta a diferentes fatores ambientais e reflete um importante indicador ecológico para a avaliação do desenvolvimento vegetal (WITKOWSKI e LAMONT, 1991). Dessa maneira, a redução da captação da luz pela elevada deposição de MP sobre a superfície foliar nos indivíduos da área poluída induz a redução na espessura do limbo, provocada pela diminuição dos tecidos fotossintetizantes no mesofilo, menor densidade foliar e, por conseguinte, maior AEF.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) entre a concentração de material particulado e os atributos morfoanatômicos foliares avaliados refletiu maior intensidade entre o material particulado e a espessura total do limbo e entre o material particulado e as massas fresca e seca foliar (tabela 2). Essas correlações se mostraram negativas e de moderadas a alta, indicando que o aumento de uma variável foi acompanhado pela diminuição da outra. Assim, enquanto a concentração de material particulado aumenta na área poluída, a espessura total do limbo e as massas fresca e seca reduzem, mostrando uma relação inversamente proporcional.

Tabela 2 – Correlação de Pearson entre a concentração de material particulado (MP) e os atributos morfoanatômicos foliares de *Inga edulis* (Fabaceae). Legenda: massa fresca (mf), massa seca (ms), área foliar (af), área específica foliar (aef), espessuras da face adaxial da epiderme (epadax), da face abaxial da epiderme (epabax), do parênquima paliçádico (pp), do lacunoso (pl) e total do limbo (lb).

		Atributos morfoanatômicos foliares							
	mf	ms	af	aef	epadax	epabax	pp	pl	lb
MP	r = -0.38	r = -0.42	r = -0.33	r = 0.20	r = -0.25	r = -0.14	r = -0.19	r = -0.22	r = -0.60
p	0.0001	0.0001	0.0001	0.003	0.0002	0.05	0.006	0.001	0.003

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo para *I. edulis* Mart. (Fabaceae) indicam que a poluição atmosférica influencia diretamente o desenvolvimento estrutural da espécie, a qual se mostra como uma boa espécie bioindicadora da qualidade ambiental. Atributos morfológicos e anatômicos são afetados na mesma proporção em função da exposição da planta à poluição. As plantas bioindicadoras monitoram de forma muito eficiente a qualidade do ar, além de serem altamente elucidativas ao atendimento dos efeitos da poluição ambiental sobre o desenvolvimento dos seres vivos e, em extensão, sobre a qualidade de vida ambiental e humana. Os resultados de estudos de biomonitoramento com espécies vegetais nativas podem ser utilizados na adoção de políticas públicas voltadas ao controle da emissão de poluentes na atmosfera, além de sensibilizar a população sobre os riscos da poluição à saúde humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G.W. Avaliação do potencial bioindicador e fitorremediador de *Salvinia auriculata* Aublet. na presença de cádmio e chumbo. Lavras: UFLA, 2009.

ALVES, E.S. The effects of the pollution on wood of *Cecropia glaziovii* (Cecropiaceae). IAWA Journal, v. 16, 1995, p. 69-80.

ALVES, E.S.; GIUSTI, P.M.; DOMINGOS, M.; SALDIVA, P.H.N.; GUIMARÃES, E.T.; LOBO, D.J. de A. Estudo anatômico foliar do clone híbrido 4430 de *Tradescantia*: alterações decorrentes da poluição aérea urbana. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 24, 2001, p. 567-76.



ALVES, E.S.; TRESMONDI, F.; LONGUI, E.L. Análise estrutural de folhas de *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae). *Acta Botanica Brasílica*, 2008, v. 2291, p. 2041-248.

ALVES, V. *Análise dos efeitos dos poluentes de fábrica de cimento em plantas bioindicadoras: Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae) & *Zinnia elegans* Cav. (Asteraceae). [Dissertação de Mestrado]-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

ARNDT, U.; SCHWEIZER, B. The use of bioindicators for environmental monitoring in tropical and subtropical countries. In: Ellenberg, H. *et al.* (Eds.). *Biological monitoring: signals from the environment*. Vieweg, Eschborn, 1991, p. 199-298.

ARRIVABENE, H.P.; SOUZA, I. da C.; CÓ, W.L.O.; CONTI, M.M.; WUNDERLIN, D.A.; MILANEZ, C.R.D. Effect of pollution by particulate iron on the morphoanatomy, histochemistry, and bioaccumulation of three mangrove plant species in Brazil. *Chemosphere*, v. 127, 2015, p. 27-34.

BATALHA, J.R.F.; GUIMARÃES, E.T.; LOBO, D.J. DE A.; LICHTENFELS, A.J. de F.C.; DEUR, T.; CARVALHO, H.; ALVES, E.S.; BONGERS, F.; POPMA, J. Leaf characteristics of the tropical rain forest flora of Los Tuxtlas, Mexico. *Botanical Gazette*, v. 151, 1999, p. 354-65.

BENNETT, J.P.; RASSAT, P.; BERRANG, P.; KARNOSKY, D.F. Relationships between leaf anatomy and ozone sensitivity of *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. and *Prunus serotina* Ehrh. *Environmental and Experimental Botany*, v. 32, 1992, p. 33-41.

BONGERS, F.; POPMA, J. Leaf characteristics of tropical rain forest flora of los tuxtlas, Mexico. *The University of Chicago Press Journals*, v. 151, n. 3, 1990, p. 354-65.

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. *Numerical ecology with R*. New York: Springer, 2011.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G. *Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002, 305 p.

BUJOKAS, W.M. O impacto da poeira de cimento em *Schinus terebinthifolius* Raddi. (Anacardiaceae). [Dissertação de Mestrado]-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

BURGER, J. Bioindicators: a review of their use in the environmental literature 1970-2005. *Environmental Bioindicators*, v. 1, n. 2, 2006, p. 136-44. Disponível em: <<http://www.sibi.usp.br/sibi/biblioteca/revista/selecao.php>>. Acesso em: 3 set. 2016.

CARNEIRO, R.M.A. *Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade* [Monografia]-Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2004.

CHAVES, A.L.F.; SILVA, E.A.M.; AZEVEDO, A.A.; CANO, M.A.O.; MATSUOKA, K. Ação do flúor dissolvido em chuva simulada sobre a estrutura foliar de *Panicum maximum* Jacq. (Colonião) e *Chloris gayana* Kunth. (Capim – Rhodes) – Poacea. *Acta Botanica Brasílica*, v. 16, 2002, p. 395-406.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – Cetesb. *Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo – poluentes*. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente, 2001.

CRISPIM, B.A.; SPÓSITO, J.C.V.; MUSSURY, R.M.; SENO, L.O.; GRISOLIA, A.B. Effects of atmospheric pollutants on somatic and germ cells of *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. HUNT cv. *purpurea*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 86, n. 4, 2014, p. 1899-906.

DOMINGOS, M.; KLUMPP, A.; KLUMPP, G. Air pollution impact on the Atlantic forest in the Cubatão, region, SP, Brazil. *Ciência & Cultura*, v. 50, 1998, p. 230-6.

FERREIRA, M.I.; PETRENKO, H.; LOBO, D.J. de A.; RODRIGUES, G.S.; MOREIRA, A.; SALDIVA, P.H.N. *In situ* monitoring of the mutagenic effects of the gaseous emissions of a solid waste incinerator in metropolitan São Paulo, Brazil, using the *Tradescantia Stamen-Hair* assay. *Journal of the Air & Waste Management Association*, v. 50, 2000, p. 1852-6.

FLECK, A. da S.; MORESCO, M.B.; RHODEN, C.R. Assessing the genotoxicity of traffic-related air pollutants by means of plant biomonitoring in cities of a Brazilian metropolitan area crossed by a major highway. *Atmospheric Pollution Research*, v. 7, n. 3, 2016, p. 488-93.

GEROSA, G.; MARZUOLI, R.; BUSSOTTI, F.; PANCRAZI, M.; BALLARIN-DENTI, A. Ozone sensitivity of *Fagus sylvatica* and *Fraxinus excelsior* young trees in relation to leaf structure and foliar ozone uptake. *Environmental Pollution*, v. 125, 2003, p. 91-8.

GUIMARÃES, E.T; DOMINGOS, M; ALVES, E.S.; CALDINI, N.; LOBO, D.J. de A.; LICHTENFELS, A.J. de F.C.; SALDIVA, P.H.N. Detection of the genotoxic of air pollutants in around the city of São Paulo (Brazil) with the *Tradescantia micronucleus* (Trad-MCN) assay. *Environmental and Experimental Botany*, v. 44, 2000, p. 1-8.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE JOINVILLE – IPPUJ. *Joinville: cidade em dados*. Joinville, 2014. Disponível em: <<http://www.ippuj.sc.gov.br/index>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC. *Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths*. Lyon: WHO, 2013.



IQBAL, Z.; LATEEF, M.; JABBAR, A.; GILANI, A.H. *In vivo* anthelmintic activity of *Azadirachta indica* A. Juss seeds against gastrointestinal nematodes of sheep. *Veterinary Parasitology*, v. 168, 2010, p. 342-5.

KLUMPP, A.; HINTEMANN, T.; LIMA, J.S.; KANDELER, E. Bioindication of air pollution effects near a copper smelter in Brazil using mango trees and soil microbiological properties. *Environmental Pollution*, v. 126, 2003, p. 313-21.

KLUMPP, A.; KLUMPP, G.; DOMINGOS, M. Bioindication of air pollution in the tropics. *Gefahrstoff Reinhaltung der Luft*, v. 56, 1996, p. 27-31.

KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. *Manual básico de métodos em morfologia vegetal*. Seropédica: Edur, 1997.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 1986.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. 3 ed. São Carlos: Rima, 2006.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical ecology*. 2 ed. Netherlands: Elsevier Science, 1998.

LIMA, J.S. *Processos biológicos e o biomonitoramento: aspectos bioquímicos e morfológicos*. In: Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. Orgs. Nilson Borlina Maia Lesjak Martos, Walter Barrella. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001.

MALHOTRA, S.S; BLAUDEL, R.A. Effects of sulphur dioxide on the forest ecosystem. *Oil Sands*, v. 1, 1977, p. 714-9.

MANNING, W.; FEDER, W. *Biomonitoring air pollutants with plants*. Londres: Applied Science Publishers Ltd., 1980.

MARANHO, L.T.; GALVÃO, F.; PREUSSLER, K.H.; MUNIZ, G.I.B.; KUNIYOSHI, Y.S. Efeitos da poluição por petróleo na estrutura da folha de *Podocarpus lambertii* Klotzsc ex Endl., Podocarpaceae. *Acta Botanica Brasilica*, v. 20, n. 3, 2006, p. 615-24.

MARTINE, G. *População, meio ambiente e desenvolvimento: verdades e contradições*. 2 ed. Campinas: UNICAMP, 1996.

MELO JUNIOR, J.C.F.; RAIMUNDO, C.M.; AMORIM, M.W. Efeito da poluição atmosférica em folhas de *Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn. (Melastomataceae). *Acta Biológica Catarinense*, v. 1, n. 1, 2014, p. 65-72.

MEZIANI, D.; SHIPLEY, B. Interacting determinants of specific leaf area in 22 herbaceous species: effects of irradiance and nutrient availability. *Plant, Cell and Environment*, v. 22, 1999, p. 447-59.

OLIVEIRA, W.L.; MEDEIROS, M.B.; MOSER, P.; PINHEIRO, R.; OLSEN, L.B. Regeneração e estrutura populacional de jatobá-da-mata (*Hymenaea courbaril* L.), em dois fragmentos com diferentes graus de perturbação antrópica. *Acta Botanica Brasilica*, v. 25, 2011, p. 876-884.

PAIVA, J.G.A.; FANK-DE-CARVALHO, S.M.; MAGALHÃES, M.P.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Verniz vitral incolor 500: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. *Acta Botanica Brasilica*, v. 20, 2006, p. 257-64.

PATTO, N.V.; NASCIMENTO, L.F.C.; MANTOVANI, K.C.C.; VIEIRA, L.C.P.F. Exposure to fine particulate matter and hospital admissions due to pneumonia: Effects on the number of hospital admissions and its costs. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 62, n. 4, 2016, p. 342-6.

PEDROSO, A.N.V. *Poluentes atmosféricos e plantas bioindicadoras*. São Paulo: Instituto de Botânica, Jardim Botânico de São Paulo, 2007.

PENNINGTON, T.D. *The genus Inga – botany*. Londres: Royal Botanic Gardens, 1997.

PEREIRA, K.FR.; CARVALHO, S.L.; FRANCISCO, A.L.; KLOSS, T.G.; AMORIM, T.A. A deposição de material particulado diminui as trocas gasosas em folhas inundáveis de *Abarema* sp. (Fabaceae). *Livrozilla*, 2010. Disponível em: <<http://livrozilla.com/doc/1345189/relat%C3%B3rio>>. Acesso em: 3 set. 2016.

PINA, J.M.; MORAES, R.M. Gas exchange, antioxidants and foliar injuries in saplings of a tropical woody species exposed to ozone. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 73, n. 4, 2010, p. 685-91.

POSSETTE, R.F.S.; RODRIGUES, W.A. O gênero *Inga* Mill. (Leguminosae - Mimosoideae) no estado do Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, v. 24, 2010, p. 354-68.

POURKHABBAZ, A.; RASTIN, N.; OLBRICH, A.; LANGENFELD-HEYSER, R.; POLL, A. Influence of environmental pollution on leaf properties of urban plant trees, *Platanus orientalis* L. *Bull Environ Contam Toxicol*, v. 85, 2010, p. 251–255.

PRADO-FILHO, J.F. Uso de bioindicadores para monitoramento do ar. *Ambiente*, v. 7, n. 1, 1993, p. 57-64.

RAI, P.k. Impacts of particulate matter pollution on plants: Implications for environmental biomonitoring. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 120, 2016, p. 120-36.

REIG-ARMIÑANA, J.; CALATAYUD, V.; CERVERÓ, J.; GARCIA-BREIJO, F.; IBARS, A.; SANZ, M.J. Effects of ozone on the foliar histology of the mastic plant (*Pistacia lentiscus* L.). *Environmental Pollution*, v. 132, 2004, p. 321-31.

REIS, A.F dos. *Análise da dispersão de poluentes de origem veicular na BR-153 e sua relação com o uso do solo em área urbana do município de Goiânia*. [Dissertação de Mestrado]–Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

SANT’ANNA-SANTOS, B.F.; AZEVEDO, A.A. Toxicidade e acúmulo de flúor em hortaliças nas adjacências de uma fábrica de alumínio. *Acta bot. bras.*, v. 24, 2010, p. 952-963.

SANTOS, A.P.M. dos. *Biomonitoramento vegetal da qualidade do ar em Ribeirão Preto – SP*. [Tese de Doutorado]–Universidade de São Paulo, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2012.

SANTOS, A.P.M. dos. Biomonitoramento vegetal da qualidade do ar em Ribeirão Preto (SP). *Revista Baiana de Saúde Pública*, v. 37, n. 1, 2013, p. 262-6.

SANTOS, C.M dos; OLIVEIRA, R.C.; ROIG, H.L.; RÉQUIA JÚNIOR, W.J. Biomonitoramento passivo com casca de aroeira vermelha (*Myracrodruon urundeuva* Lorenzi Harri) para verificar a variabilidade espacial da poluição atmosférica em uma região do Distrito Federal, Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. 4, 2014, p. 453-60.

SILVA, L.C; AZEVEDO, A.A.; SILVA, E.A.M.; OLIVA, M.A. Effects of simulated acid rain on the growth of five species Brazilian tree species and anatomy of the most sensitivity species (*Joannesia principes*). *Australian Journal of Botany*, v. 53, 2005, p. 789-96.

SILVA, M.F. da. *Avaliação da qualidade do ar utilizando espécies arbóreas na Cidade de Patos, PB*. [Dissertação de Mestrado]–Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed. 2002.

TEIXEIRA, M.C.V.; BARBÉRIO, A. Biomonitoramento do ar com *Tradescantia pallida* (Rose) D. R. Hunt var *purpurea* Boom (Commelinaceae). *Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 7, n. 3, 2012, p. 279-92.

WANNAZ, E.D.; ZYGADLO, J.A.; PIGNATA, M.L. Air pollutants effect on monoterpenes composition and foliar chemical parameters in *Schinus areira* L. *Science of The Total Environment*, v. 305, n. 1-3, 2003, p. 177-193.

WITKOWSKI, E.; LAMONT, B. Leaf specific mass confounds leaf density and trickness. *Oecologia*, v. 88, 1991, p. 486-93.



e-ISSN 2594-679X

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. *Air pollution*. Disponível em: <http://www.who.int/topics/air_pollution/en/>. Acesso em: 19 mar. 2016.