



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Influência da Poluição Atmosférica em *Terminalia catappa* L. em Áreas Urbanizadas

Vanessa Bastos Simões da Costa¹, Will Jones Moura Soares da Silva², Gabriela Macêdo Aretakis de Almeida¹, Mirtes Hortency Gonçalves Ferreira², Tiago Henrique de Oliveira¹; Josicléda Domiciano Galvêncio³; Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel⁴

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-UFPE, Recife-PE. gabiaretakis@hotmail.com, thdoliveira50@gmail.com; ²Discente de Bacharelado em Agronomia-UFRPE, Recife-PE, willceepa@gmail.com; misty_hortency@hotmail.com; ³Profa. do Dept. de Ciências Geográficas-UFPE, josicleda@hotmail.com; ⁴Profa. do Dept. de Botânica-UFRPE, pimentel@db.ufpe.br.

Artigo recebido em 06/10/2015 e aceito em 16/10/2015

RESUMO

A crescente urbanização e necessidade de transportes mais eficientes acarretaram o aumento do lançamento de gases e material em suspensão no ar, promovendo a elevação dos níveis de poluição atmosférica. As plantas são um excelente objeto de estudo, pois permitem análises dos efeitos da poluição urbana por longos períodos de tempo com baixo custo. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a condição biológica de *Terminalia catappa* L. sob a influência de diferentes condições de poluição atmosférica, analisando características morfológicas, anatômicas e fisiológicas. O estudo foi desenvolvido em duas áreas da cidade do Recife, em Pernambuco, com diferentes intensidades de tráfego automobilístico, onde foram coletadas folhas de 10 indivíduos. As folhas foram digitalizadas para medição dos caracteres morfológicos e posterior confecção de lâminas semipermanentes para análise anatômica. Foi utilizado teste tukey para verificar se existe diferença significativa entre os caracteres. Mostraram diferenças entre as áreas avaliadas: área total e largura foliar, espessura e número de camadas do parênquima paliádico no mesófilo, e densidade de estômatos, tricomas e de células fundamentais na epiderme. Esses caracteres podem ser utilizados como bioindicadores de poluição atmosférica em *T. catappa*, sendo uma boa alternativa para utilização na arborização urbana em áreas com intenso tráfego de automóveis.

Palavras-chave: Arborização urbana, Biomonitoramento, Qualidade ambiental.

Influence of Air Pollution in *Terminalia catappa* L. in Urban Areas

ABSTRACT

The crescent urbanization and the necessity of more efficient transportation provoked the increase of gases and suspended material in the air, promoting the elevation of the levels of atmospheric pollution. The plants are and excellent study object because it permit analyze urban pollution for long periods with low costs. The objective of this study was evaluate the biological condition of *Terminalia catappa* L. under the influence of different atmospherical pollution status, analyzing morphological, anatomical and physiological features. The study was done in two areas in the City of Recife, Pernambuco State, with different intensities of automotive traffic, where sampled leaves from 10 individuals. The leaves were scanned to measure morphological features and posterior semipermanent slides production to the anatomical analysis. Tukey test was used to verify the significant difference among the features. Differences were observed to total leaf area, leaf width, thickness and number of palisade cells, and density of stomata, trichomes and fundamental cells in the epidermis. These features can be used as bioindicators of atmospherical pollution in *T. catappa*, and this specie can be used in urban areas with intense transit of cars.

Keywords: Biomonitoring, Environmental quality, Urban forestry.

* E-mail para correspondência: vanessabastos_simoes@hotmail.com (Costa, V.B.S).

Introdução

O termo “poluição” indica toda e qualquer alteração provocada no ambiente, em diferentes

níveis e escalas, que cause prejuízo ao ecossistema (Brilhante, 1999). A poluição atmosférica está relacionada à quantidade de material particulado e gases tóxicos existentes no ar, como, também, ao aumento da temperatura do ar (Azuaga, 2000; Lora e Teixeira, 2001; Drumm et al., 2014).

No cenário atual, os maiores índices de poluição atmosférica se dão nos grandes centros urbanos, fato este decorrente da liberação de gases poluentes oriundos, principalmente, da queima de combustíveis fósseis (Honour et al., 2009; Guarieiro et al., 2011). Gases como o dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de carbono, óxidos de nitrogênio (NO_x), álcoois, aldeídos, hidrocarbonetos (HC) e material particulado no ar, que são substancialmente liberados pelo tráfego rodoviário, são considerados por diversos autores como agentes causadores da má qualidade do ar (Colville et al., 2001; Brophy et al., 2007; Caricchia et al., 1999; Guarieiro et al., 2011; Drumm et al., 2014). Além disso, a liberação desses gases vem causando diversas alterações ambientais, como chuva ácida (Freedman, 1995) e aceleração do aquecimento global (Favaretto, 1999; IPCC, 2007; WHO, 2009). Estudos como os de Duchiad (1992), Honour et al. (2009), Guarieiro et al. (2011) e Gouveia et al. (2013) demonstram que estes gases podem interferir inclusive na saúde dos organismos vivos.

Entre os organismos que são diretamente afetados pela poluição atmosférica estão os vegetais. Como resposta às novas condições impostas pelos elevados níveis de poluição, as plantas podem apresentar alterações morfológicas, anatômicas e fisiológicas, que refletem a interação entre estes e o ambiente no qual estão estabelecidos (Piraino et al., 2006; Balasooriya et al., 2009; Kardel et al., 2010; Khavanin Zadeh et al., 2013). Diversos autores afirmam haver diferenças morfológicas, anatômicas e até mesmo fisiológicas, quando comparados indivíduos de uma mesma espécie vegetal estabelecidos em áreas com diferentes níveis de poluição (Balasooriya et al., 2009; Honour et al., 2009; Kardel et al., 2010; Khavanin Zadeh et al., 2012). Honour et al. (2009) observaram que as espécies por eles estudadas apresentavam desenvolvimento mais lento, em ambientes poluídos. Além dessas mudanças, alguns autores observaram alterações na morfologia foliar e na densidade estomática de espécies vegetais em áreas sob diferentes níveis de poluição atmosférica (Alves et al., 2008; Balasooriya et al., 2009; Kardel et al., 2010).

Nesse sentido, visando auxiliar no monitoramento dos níveis de poluição atmosférica e contribuir para o desenvolvimento de métodos para reduzir os riscos ecológicos decorrentes da

poluição, estudos recentes vêm sendo realizados com espécies vegetais, uma vez que estes organismos podem fornecer indicações mais precisas com relação às consequências da poluição em uma ampla escala de tempo de exposição (Briggs et al., 2000; Falla et al., 2000; Piraino et al., 2006; Romermann et al., 2006). Algumas espécies podem ser utilizadas como bioindicadoras e biorremediadoras de poluição atmosférica, auxiliando na identificação e na mitigação dos efeitos da poluição para a saúde da população humana, que também é diretamente afetada pelos elevados níveis de contaminação no ar (Klumpp et al., 2001; Toledo e Nardocci, 2011). Doenças respiratórias, cardiovasculares e carcinomas são alguns dos graves quadros observados nos indivíduos humanos submetidos a altos níveis de poluição atmosférica (Martins, 2009). Frente a esta realidade, nota-se a necessidade de realizar estudos que visem monitorar as áreas poluídas, buscando conhecer e minimizar os efeitos da poluição para o ambiente e para a saúde da população.

Em levantamento realizado na cidade do Recife, em 1985, por Biondi, foram contabilizados 159 indivíduos de *Terminalia catappa* L., entre as 12 espécies mais frequentes na cidade. A espécie é uma árvore que está estabelecida em muitas ruas, avenidas e parques da cidade do Recife (Biondi, 1985; Souza et al., 2011). Ela chama a atenção por sua arquitetura, copa densa e folhas grandes que oferecem sombra e proteção contra os raios solares, amenizando a temperatura sob sua copa e suas proximidades, além da queda sazonal de suas folhas, que contribui para a retirada de material particulado do ar que ficou acumulado na superfície.

Diante do exposto, o estudo de caracteres morfoanatômicos indicadores de poluição atmosférica, bem como a inserção de espécies bioindicadoras de poluição na arborização urbana favorecerão o monitoramento da qualidade do ar nos grandes centros urbanos, contribuindo, diretamente, para a melhoria da saúde ambiental e, conseqüentemente, da saúde da população humana. Considerando a sensibilidade das espécies vegetais aos diferentes níveis de poluição do ar, estas espécies são de extrema importância e utilidade para indicar a qualidade ambiental do local onde estão estabelecidas, servindo como bioindicadoras e biorremediadoras de poluição atmosférica. Nesse intuito, esta pesquisa objetivou avaliar a condição biológica de *Terminalia catappa* L., em áreas com diferentes níveis de poluição atmosférica em um centro urbano, testando a hipótese de que esta espécie apresenta diferença nos caracteres morfoanatômicos foliares quando comparados

indivíduos estabelecidos em ambientes com diferentes níveis de poluição atmosférica.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em duas áreas com diferentes graus de influência de poluição atmosférica na Cidade do Recife, capital do Estado de Pernambuco, situada no Nordeste do Brasil. A Cidade do Recife ocupa uma área aproximada de 218,435 km² e possui uma população estimada, em 2014, de 1.608.488 e está localizada nas coordenadas geográficas 08° 03' 14" S de latitude e 34° 52' 52" W de longitude, e altitude de 4 m (IBGE, 2015). O clima é tropical, com forte influência do Oceano Atlântico, apresentando temperaturas mínimas de 22°C e máximas de 31°C, precipitação constante durante todo o ano, com máxima de 63 mm no último ano e velocidade máxima do vento de 4 m.s⁻¹ (INMET, 2015).

As áreas de estudo foram selecionadas em função da intensidade de tráfego automobilístico no local, o que foi utilizado como determinante para a classificação do grau (maior/menor) de poluição atmosférica. Uma maior intensidade de tráfego de veículos automotivos foi considerada uma condição de ocorrência de uma maior quantidade de gases liberados na atmosfera e, conseqüentemente, maior o grau de poluição atmosférica. Esta metodologia foi similar àquela utilizada por Khavanin Zadeh et al. (2013) trabalhando com folhas de *Tilia*, na Bélgica.

As áreas selecionadas para este estudo estão localizadas no bairro da Imbiribeira (Figura 1) e estão submetidas às mesmas condições climatológicas descritas anteriormente.

Neste estudo foram selecionados 20 pontos diferentes, 10 na área mais poluída (Figura 2) e 10 na área menos poluída (Figura 3).



Figura 1. Mapa de localização das áreas selecionadas para o estudo, com identificação dos locais de coleta das amostras de cada indivíduo da espécie *Terminalia catappa* L. na Cidade do Recife, Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Mapa: Oliveira, T.H. (2015).

A primeira área de estudo, considerada como o ambiente mais poluído (+P), está localizada na Avenida Mascarenhas de Moraes (Figura 2), uma importante via de ligação entre o centro da Cidade do Recife e o Aeroporto Internacional dos

Guararapes Gilberto Freyre, com 6,5 km de extensão e por onde trafegam cerca de 56 mil automóveis por dia nos dois sentidos (Diário de Pernambuco, 2011).



Figura 2. Representação em 3D da localização dos 10 pontos de coleta das amostras de cada indivíduo da espécie *Terminalia catappa* L., na Avenida Mascarenhas de Moraes, considerada como a área mais poluída, na Cidade do Recife, Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Mapa: Oliveira, T.H. (2015).

A segunda área de estudo, considerada como o ambiente menos poluído (-P), foram ruas no entorno da lagoa do Araçá (Figura 3), caracterizada por apresentar um reduzido tráfego, constituído, basicamente, pelos automóveis dos moradores da área e ausência de

automotivos coletivos (ônibus).

A Figura 4 mostra detalhe de pontos de coleta nas duas áreas amostradas, na mais e na menos poluída, entre eles, a diferença de tráfego automotivo nestes locais.



Figura 3. Representação em 3D da localização dos 10 pontos de coleta das amostras de cada indivíduo da espécie *Terminalia catappa* L., em diferentes ruas no entorno da lagoa do Araçá, considerada como a área menos poluída, na Cidade do Recife, Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Mapa: Oliveira, T.H. (2015).

Dados do Departamento Estadual de Trânsito de Pernambuco (DETRAN) indicam um aumento significativo da frota automotiva, por tipo e número

de veículos automotivos, na Cidade do Recife nos últimos 25 anos, de 1990 até 2015 (Figuras 5 e 6).



Figura 4. Imagens mostrando aspectos do ambiente em pontos dos locais de coleta, com diferente intensidade de tráfego e alguns dos indivíduos amostrados neste estudo. A. Avenida Mascarenhas de Moraes, no bairro da Imbiribeira, Recife, Pernambuco, considerada a área mais poluída; B. Rua Renato Silva no entorno da Lagoa do Araçá, no bairro da Imbiribeira, Recife, Pernambuco, considerada a área menos poluída. Fotos: Costa, V.B.S. (2015).

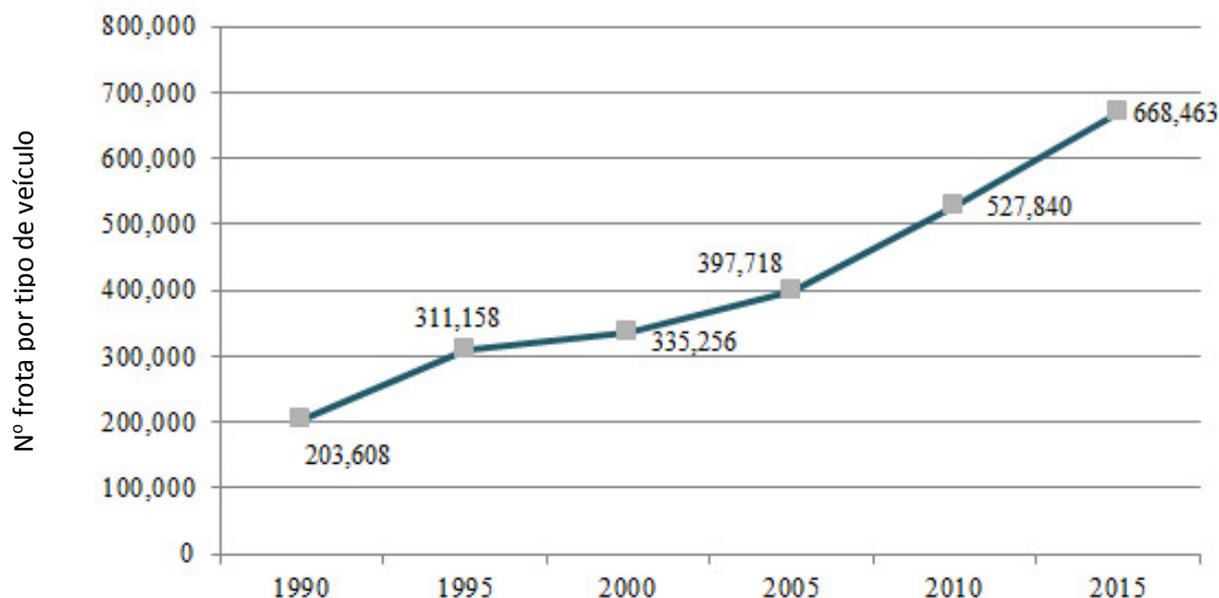


Figura 5. Número total da frota automobilística, por tipo de veículo, na Cidade do Recife, segundo o Departamento Estadual de Trânsito de Pernambuco (DETRAN) para os últimos 25 anos. Fonte: DETRAN (2015).

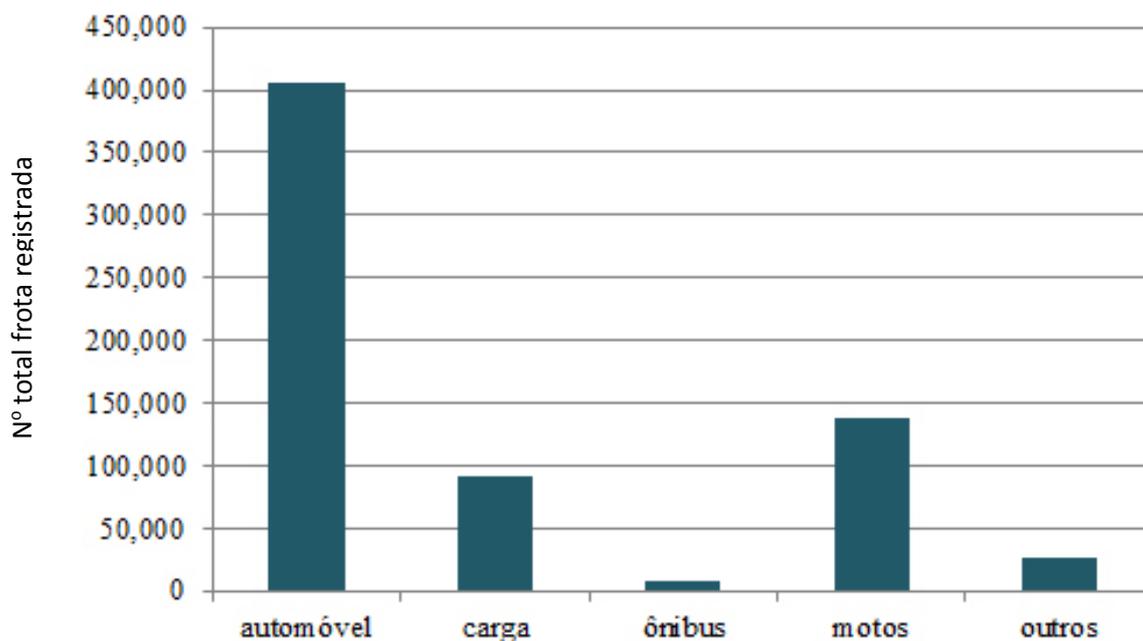


Figura 6. Número total da frota automobilística, por número de veículos automotivos, na Cidade do Recife, segundo o Departamento Estadual de Trânsito de Pernambuco (DETRAN) para os últimos 25 anos. Fonte: DETRAN (2015).

Seleção da espécie

A espécie vegetal selecionada para a pesquisa foi *Terminalia catappa* L. (Figura 7), conhecida popularmente como amendoeira, castanha-da-praia, sombreiro, guarda-sol ou chapéu-de-sol castanhola (Biondi, 1985; Marquete e Loiola, 2015). Esta espécie pertence à família Combretaceae, sendo originária da Índia e da Malásia, e seus indivíduos apresentam, como características gerais, o tronco retilíneo, com crescimento monopodial e textura áspera em sua camada mais externa, chegando a atingir entre 25 e 45 metros de altura (Ivani et al., 2008; Guiselini et al., 1999). Quanto às suas características morfológicas, *T. catappa* apresenta folhas obovadas, alterno-espíraladas, coriáceas, caducifólias, medindo, aproximadamente, 30 cm quando maduras, que mostram coloração verde quando jovens, e posteriormente desenvolvem coloração amarelada e vermelho-rubra (Guiselini et al., 1999; Thomson e Evans, 2006).

Essa espécie é amplamente utilizada em diversas partes do planeta, sendo encontrados estudos que indicam sua importância com fins ecológicos, econômicos e sociais, incluindo seu uso na recuperação de áreas degradadas, na alimentação, na medicina e na ornamentação de ruas, praças e parques (Biondi, 1985; Thomson e Evans, 2006). No Brasil, *T. catappa* é comumente utilizada na arborização de ruas, praças e parques em função de sua beleza arquitetural, seu rápido crescimento e fornecimento substancial de sombreamento para grandes áreas em

consequência do grande desenvolvimento de sua copa (Biondi, 1985; Santos e Teixeira, 2010).



Figura 7. Imagem de um indivíduo da espécie *Terminalia catappa* L. (Combretaceae). Foto: Vanessa Costa (2015).

Coleta e processamento dos dados

Em cada área de estudo foram coletadas 10 folhas adultas, sem danos visíveis, situadas no quinto nó a partir do ápice caulinar, totalmente expostas ao sol de 10 indivíduos de *Terminalia catappa*. As folhas foram coletadas de indivíduos com mais de três metros de altura, distantes 10 m ou mais entre os indivíduos. As folhas foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos e mantidas refrigeradas até o processamento em laboratório. Ao chegar ao Laboratório de

Fitomorfologia Funcional (LAFF) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), as folhas foram digitalizadas para análise da estrutura morfológica e medição da área total, comprimento e largura do limbo. Em seguida, cinco folhas de cada indivíduo foram pesadas para obtenção do peso da massa fresca e posteriormente levadas para a secagem em estufa à 30°C. Após três dias, as amostras foram retiradas da estufa e pesadas para obtenção das medidas de peso da massa seca. A diferença entre os pesos de massa fresca e seca informou sobre a quantidade de água existente nas folhas.

A análise dos caracteres anatômicos foi realizada em lâminas histológicas semipermanentes de três folhas de cada indivíduo, de cada área de estudo. Secções transversais foram obtidas através de cortes na porção mediana da lâmina foliar, com o auxílio de lâmina de barbear. As secções foram clarificadas com NaCl 30%, neutralizadas com água acética a 1% e coradas com azul de astra e safranina (Johansen, 1940). As secções paradermicas foram obtidas por imersão de fragmentos foliares em NaCl 40% até dissociação, sendo utilizado o mesmo processo de coloração das secções transversais. Após a coloração, as secções foram montadas em glicerina aquosa a 50% (Strasburger, 1924) e a lamínula foi lutada com esmalte de unhas incolor.

Das secções transversais e paradermicas foram obtidas imagens digitais com câmera CCD Sony acoplada ao microscópio óptico Olympus. As imagens foram analisadas no programa *Image Tool* (Wilcox et al., 2002); cada parâmetro anatômico foi analisado em cinco repetições, totalizando n=150, para cada área de estudo. Os parâmetros anatômicos analisados foram: densidade de células fundamentais da epiderme (número de células por mm⁻²), em ambas as faces da epiderme, comprimento polar dos estômatos (µm), densidade estomática (número de estômatos por mm⁻²) na face abaxial, em função da espécie ser hipoestomática, densidade de tricomas (número de tricomas por mm⁻²) na face abaxial, em função da espécie apresentar tricomas apenas na face inferior da folha, espessura da cutícula e das células da epiderme nas faces adaxial e abaxial, espessura do mesofilo, espessura e número de camadas dos parênquimas paliçádico e esponjoso, espessura foliar total, número de cristais na região do feixe vascular da nervura mediana principal da folha.

Os índices estomático e de tricomas foram calculados conforme descrito em Costa et al. (2011) para identificação de alterações na quantidade e/ou na diferenciação de células fundamentais da epiderme em estômatos e/ou

tricomas, em função do grau de poluição no ambiente onde as folhas foram produzidas.

O número de drusas foi obtido em uma secção por folha, totalizando n=30 para cada área de estudo.

Para verificar a existência de diferença significativa entre os caracteres avaliados nos indivíduos das duas áreas estudadas foi utilizada a análise de comparação de médias teste tukey (P≤0,05), com o *software* BioEstat (Ayres et al., 2007).

Obtenção das imagens da ortofotocarta Recife e dados LiDAR

Foram utilizados os dados do voo aerofotogramétrico contratado pela Prefeitura da Cidade do Recife, realizado entre os anos de 2013 e 2014, de acordo com as especificações técnicas do “Termo de Referência para a contratação dos serviços de engenharia para Cobertura Aerofotogramétrica, Perfilamento Laser Aerotransportado, obtenção de polígonos em 2D e 3D e restituição estereofoto-gramétrica na cidade de Recife”.

As ortofotocartas foram imageadas com uma camera aérea Trimble X4, com os quatro corpos com camera integrada P65 mais quatro sensores e Apo-DigiTar. Para os dados LiDAR foi utilizado o sensor Laser *Optech Airbone Laser Tarreain Mapper*, modelo ALTM Gemini 167. Os dois produtos apresentam resolução espacial de 0,08 m.

Foram utilizadas cinco cenas, com nomenclaturas 80_84-05, 80_85-00, 80_94-05, 80_95-00 e 80_95-05, onde a modelagem 3D foi realizada no módulo ArcScene do programa ArcGis.

Resultados

Na caracterização geral dos indivíduos de *Terminalia catappa* L., quando comparados os pesos de massa fresca e seca das amostras foliares entre os indivíduos da área menos poluída (-P) e mais poluída (+P), não foram encontradas diferenças significativas (Tabela 1). Entretanto, os indivíduos estabelecidos na área -P apresentaram o maior valor de quantidade de água existente no interior das folhas (Tabela 1).

Os indivíduos de *T. catappa* apresentaram diferenças significativas entre as áreas estudadas para os caracteres área total e largura da lâmina foliar, p=0,001075 e p=0,000178, respectivamente (Tabela 1), com a área -P apresentando os maiores valores para estes parâmetros, como pode ser comprovado visualmente na Figura 8. O comprimento foliar não diferiu significativamente entre as áreas avaliadas, apresentando valor de p=0,320742.

Tabela 1. Média e desvio padrão de parâmetros foliares de indivíduos de *Terminalia catappa* L. estabelecidos em uma área mais poluída (+P) e outra área menos poluída (-P), na cidade de Recife, Pernambuco, Nordeste do Brasil. Dens.=densidade (n°.área⁻¹); Esp.=espessura (µm); Comp. (µm).

Parâmetros	Área +P	Área -P	Significância (P)
Peso massa fresca	36,67±7,56	40,18±8,77	0,349778
Peso massa seca	13,83±4,20	14,18±3,87	0,852079
Água nas folhas	22,83±3,85	26,01±5,50	0,152449
----- Morfologia externa -----			
Área total (cm ²)	220,26±59,81	249,08±64,65	0,001075*
Comprimento (cm)	23,71±3,75	24,21±3,29	0,320742
Largura (cm)	13,62±2,20	14,75±2,06	0,000178*
----- Anatomia -----			
	Face adaxial da epiderme -----		
Dens. células fundamentais	1552,4±220,72	1413,8±277,79	0,000011*
Esp. Cutícula	3,56±1,04	3,69±1,06	0,303065
Esp. Epiderme	11,60±2,68	12,12±2,66	0,092168
	Face abaxial da epiderme -----		
Dens. células fundamentais	2050,30±304,42	1946,20±334,47	0,005157*
Índice células fundam. (%)	81±0,03	82±0,04	0,132351
Esp. Cutícula	2,91±0,75	3,06±1,09	0,174783
Esp. Epiderme	8,76±1,82	8,79±2,15	0,907907
Comp. polar de estômatos	22,83±2,18	22,80±2,98	0,925240
Dens. Estômatos	465,78±93,74	419,39±98,01	0,000040*
Índice de estômatos (%)	19±0,03	18±0,04	0,090277
Dens. Tricomas	1,00±3,16	3,07±5,85	0,000159*
Índice de tricomas	0±0,001	0±0,002	0,000017*
	Mesofilo -----		
Esp. Mesofilo	246,39±30,36	243,52±25,57	0,376199
Esp. Paliçádico	86,72±18,79	80,51±11,39	0,000523*
Nº camadas paliçádico	1,23±0,44	1,40±0,49	0,001976*
Esp. Esponjoso	161,21±20,81	162,17±24,82	0,717693
Nº camadas esponjoso	9,48±1,19	9,82±1,47	0,028072
Esp. Total	276,52±32,70	270,67±26,01	0,086634
Nº cristais	132,77±56,74	93,37±55,41	0,008694*

Valores de P seguidos de * diferiram, significativamente, pelo teste de Tukey P≤0.05.

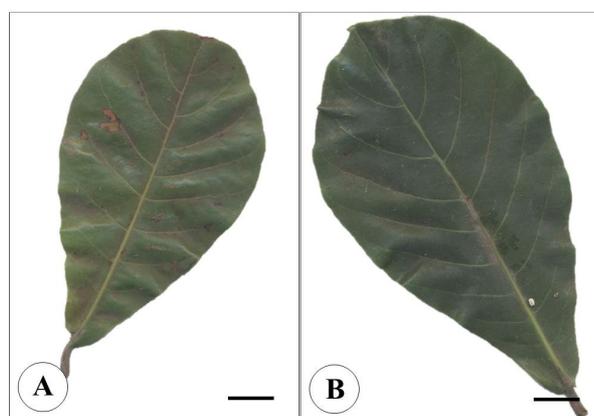


Figura 8. Morfologia externa de folhas de *Terminalia catappa* L. (Combretaceae). A. Folha

da área mais poluída; B. Folha da área menos poluída. Barras: 3cm.

Com relação aos parâmetros anatômicos avaliados na epiderme foliar de *T. catappa*, foi encontrada diferença significativa, para ambas as faces da epiderme, na densidade das células fundamentais (Tabela 1).

Não foi observada alteração no grau de undulação das paredes anticlinais da epiderme, em ambas as faces, de ambas as áreas estudadas (Figura 9).

Foram encontrados estômatos apenas na face abaxial das folhas de todos os indivíduos, independente do grau de poluição no ambiente

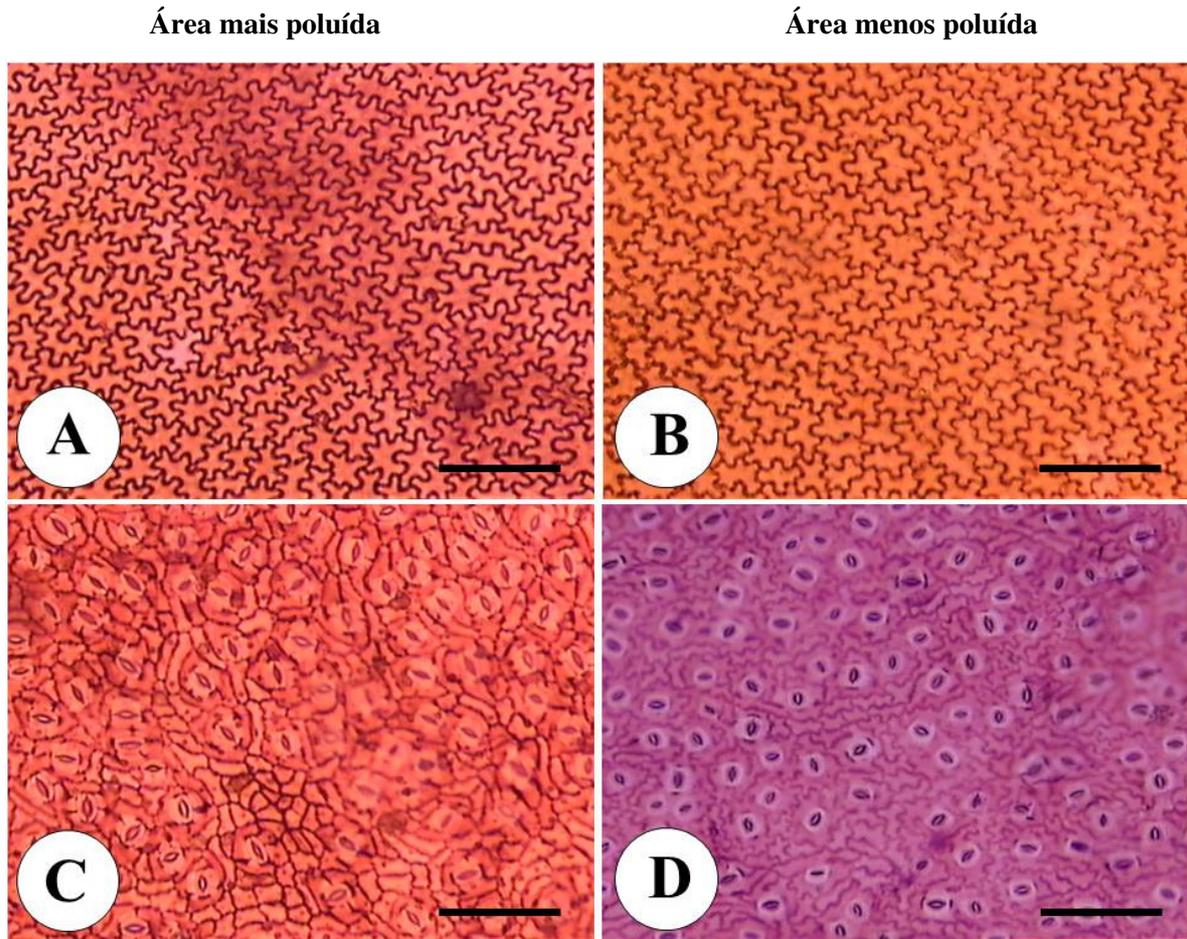


Figura 9. Vista paradérmica da epiderme foliar de *Terminalia cattapa* L. (Combretaceae). A,B. Face adaxial da epiderme de folha, mostrando ausência de estômatos e tricomas; C,D. Face abaxial da epiderme de folha, mostrando estômatos. Barras: 100 μ m.

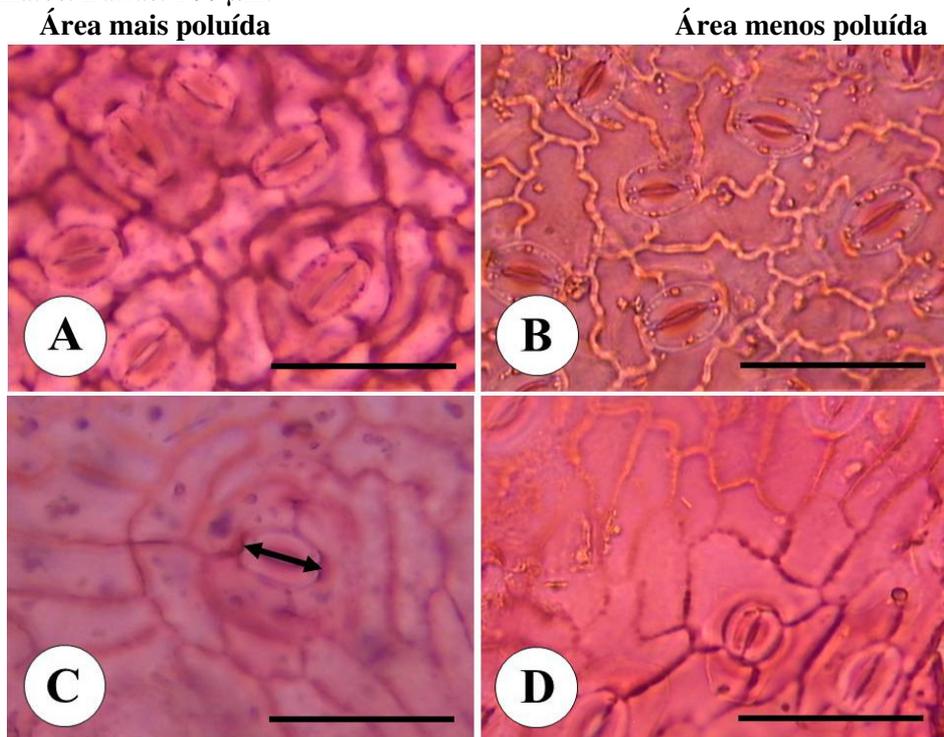


Figura 10. Vista paradérmica da face abaxial da epiderme em folha de *Terminalia cattapa* L. (Combretaceae), mostrando detalhes dos estômatos. A,B. Estômatos de tamanhos similares em folhas de indivíduos em áreas mais e menos poluída; C,D. Estômatos em destaque, seta indicando comprimento polar. Barras: 100 μ m.

onde estão estabelecidos; este fato caracteriza a espécie como hipoestomática (Figura 9).

A média do comprimento polar dos estômatos (Figura 10) não se alterou com a poluição, não apresentando diferenças significativas (Tabela 1).

A densidade de estômatos mostrou diferença significativa para *T. catappa*, com maiores valores médios para a área mais poluída, $p=0,000040$ (Tabela 1).

A ausência de diferença significativa para o índice de estômatos indica que não houve alteração na diferenciação de células fundamentais da epiderme para a produção desta estrutura.

Foram encontrados tricomas do tipo tector (Figura 11) apenas na face abaxial das folhas dos indivíduos investigados. Estes ocorrem, predominantemente, sobre a região das nervuras, com uma maior densidade nas áreas da epiderme sobre a nervura principal (Figura 12). Esta maior densidade de tricomas foi significativa, $p=0,000159$, e ocorreu nas folhas dos indivíduos da área menos poluída (Tabela 1). A diferença significativa encontrada para o índice de tricomas mostra que houve um aumento do número de

células fundamentais da epiderme que se diferenciaram em pêlos (Tabela 1).

Em vista transversal das folhas de *T. catappa*, não foram encontradas diferenças significativas para os parâmetros de espessura da cutícula, espessura da epiderme nas faces adaxial e abaxial da epiderme, espessura do mesofilo, número de camadas e espessura do parênquima esponjoso e espessura total da folha (Tabela 1). No entanto, os valores médios para espessura e número de camadas do parênquima paliçádico mostraram diferença significativa, com maiores valores para as folhas dos indivíduos da área mais e menos poluída, respectivamente (Tabela 1, Figura 13).

Considerando a presença de cristais, foram encontrados idioblastos contendo drusas nas folhas dos indivíduos das duas áreas estudadas. Este parâmetro mostrou diferença significativa, com $p=0,008694$, entre as duas áreas, com uma maior quantidade destes cristais nas folhas dos indivíduos da área mais poluída (Tabela 1, Figura 14). Além disso, estes cristais estão presentes predominantemente na região da nervura principal (Figura 15).

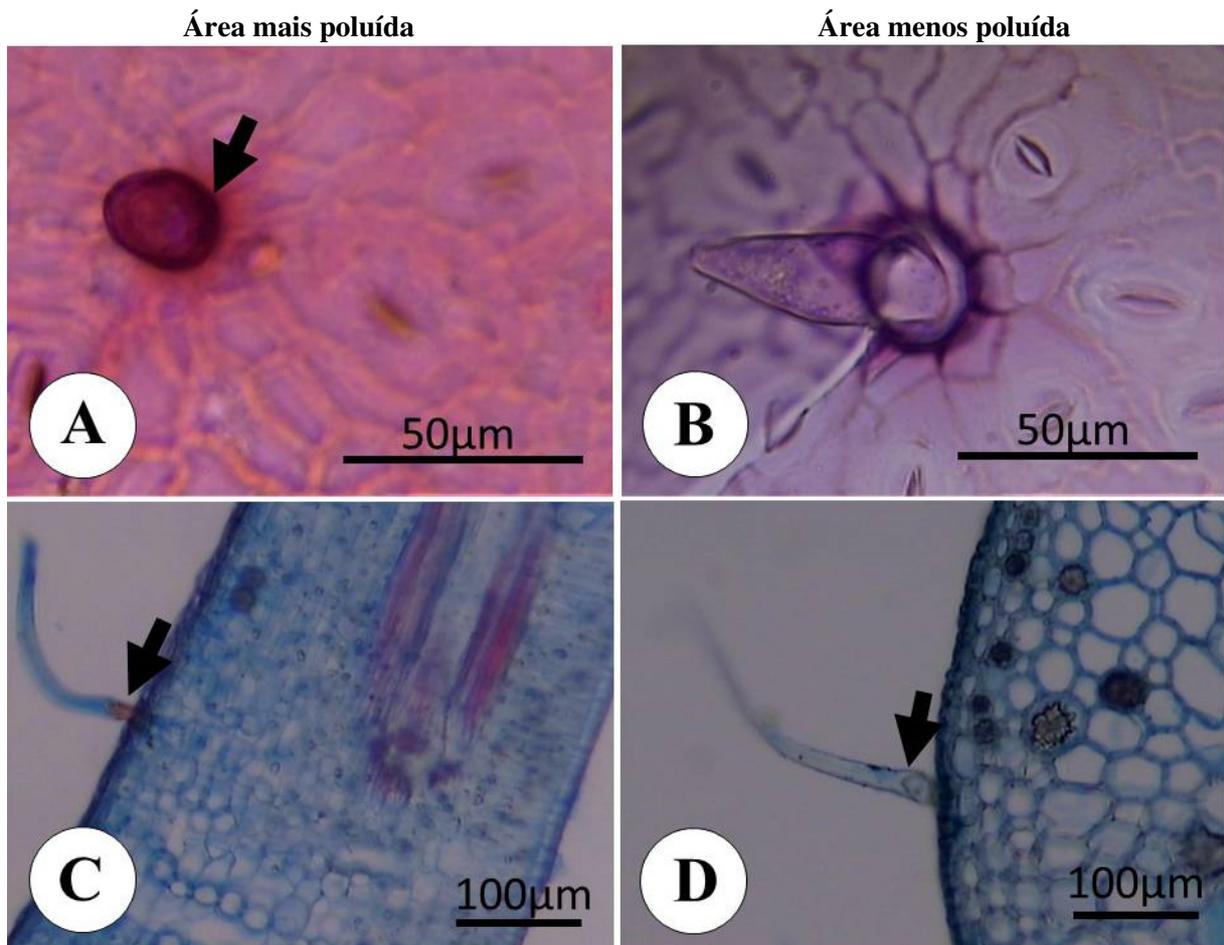


Figura 11. Vista paradérmica e transversal da face abaxial da epiderme de folha de *Terminalia cattapa* L. (Combretaceae). A,B. Tricoma tector, seta apontando cicatriz de tricoma em A e detalhe de tricoma tector em B; C. Vista transversal do mesofilo com seta apontando tricoma na face abaxial; D. Seta apontando tricoma na face abaxial na região da nervura principal da folha.

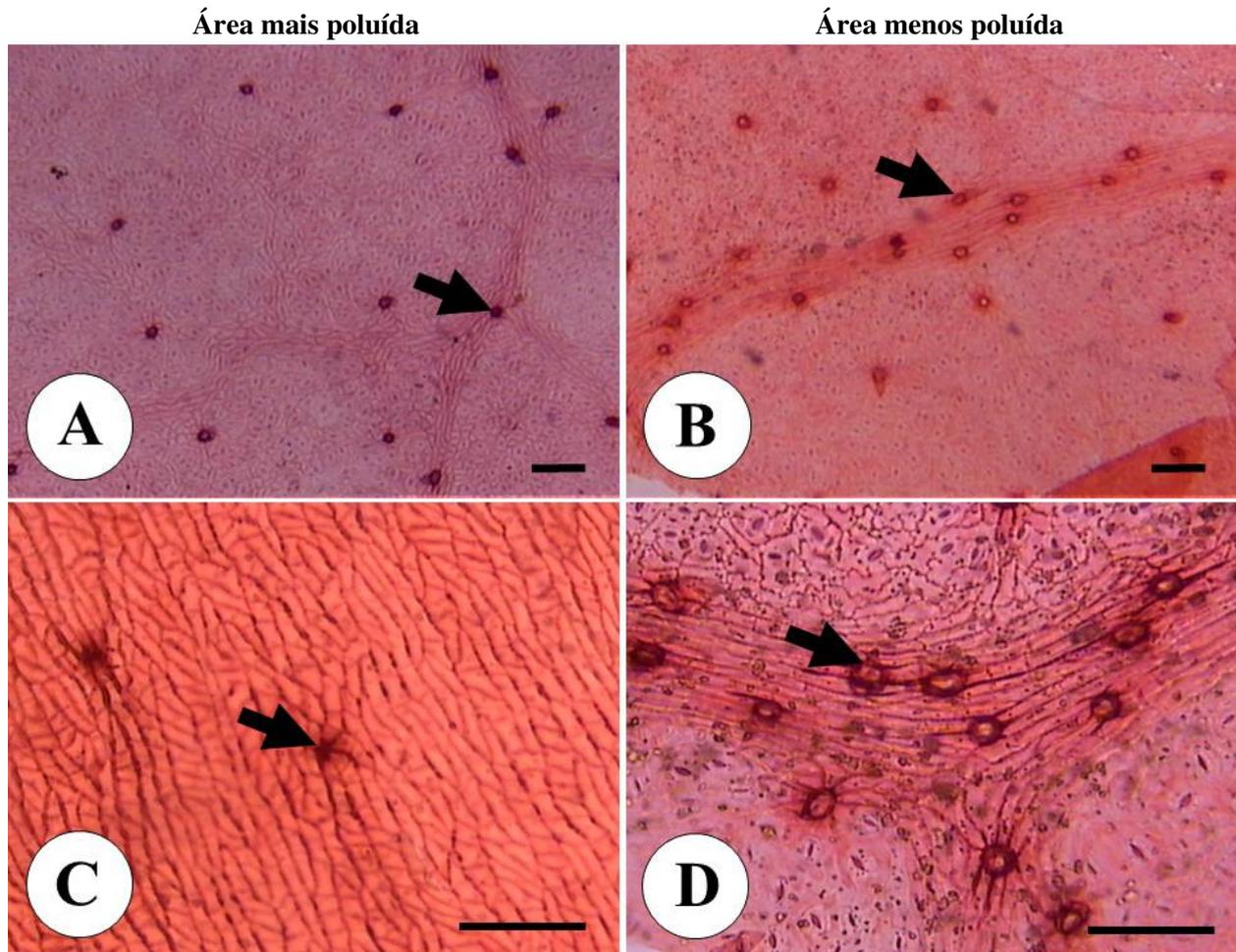


Figura 12. Vista paradérmica da face abaxial da epiderme foliar de *Terminalia cattapa* L. (Combretaceae). A,B. Epiderme de folha, mostrando cicatrizes de tricomas, localizadas principalmente na região da nervura (setas); C,D. Detalhe das cicatrizes de tricomas, mostrando maior ocorrência sobre a região da nervura de folha da área menos poluída. Barras: 100 µm.

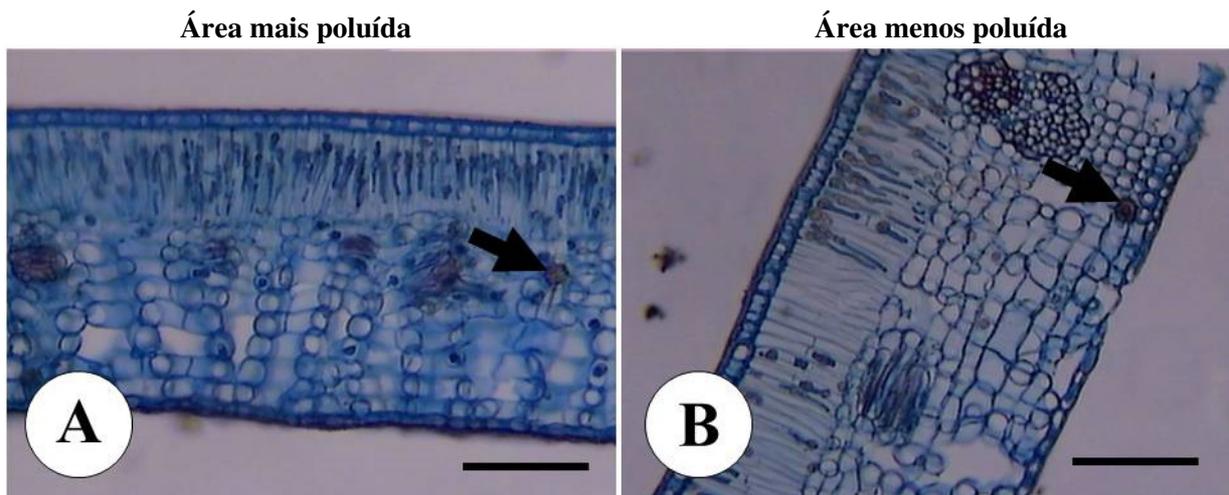


Figura 13. Vista transversal, sob microscopia óptica, das folhas de *Terminalia catappa* L. (Combretaceae). A. Mesofilo de folha da área mais poluída; B. Mesofilo de folha da área menos poluída. Barras: 100µm.

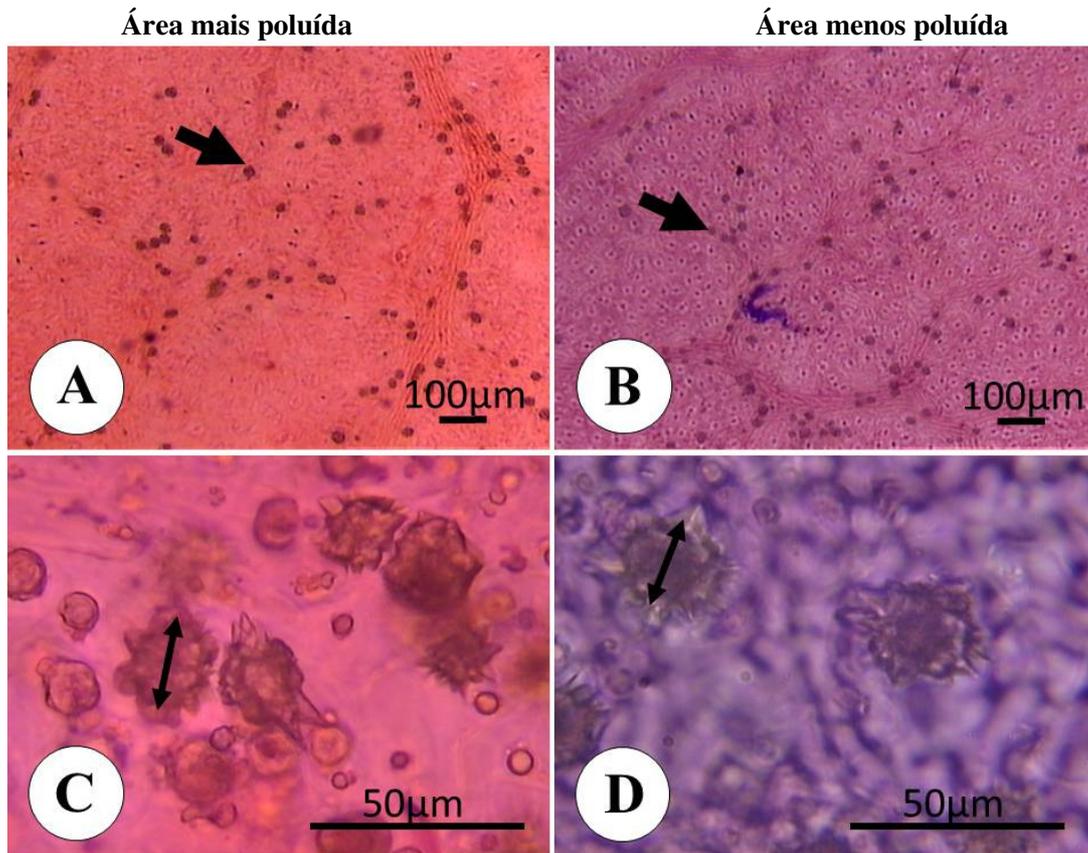


Figura 14. Vista paradérmica da face abaxial da epiderme, sob microscopia óptica, das folhas de *Terminalia catappa* L. (Combretaceae). A,B. Epiderme de folha, mostrando cristais, mostrando maior densidade nas folhas da área mais poluída, localizadas principalmente na região da nervura (setas); C,D. Detalhe dos cristais.

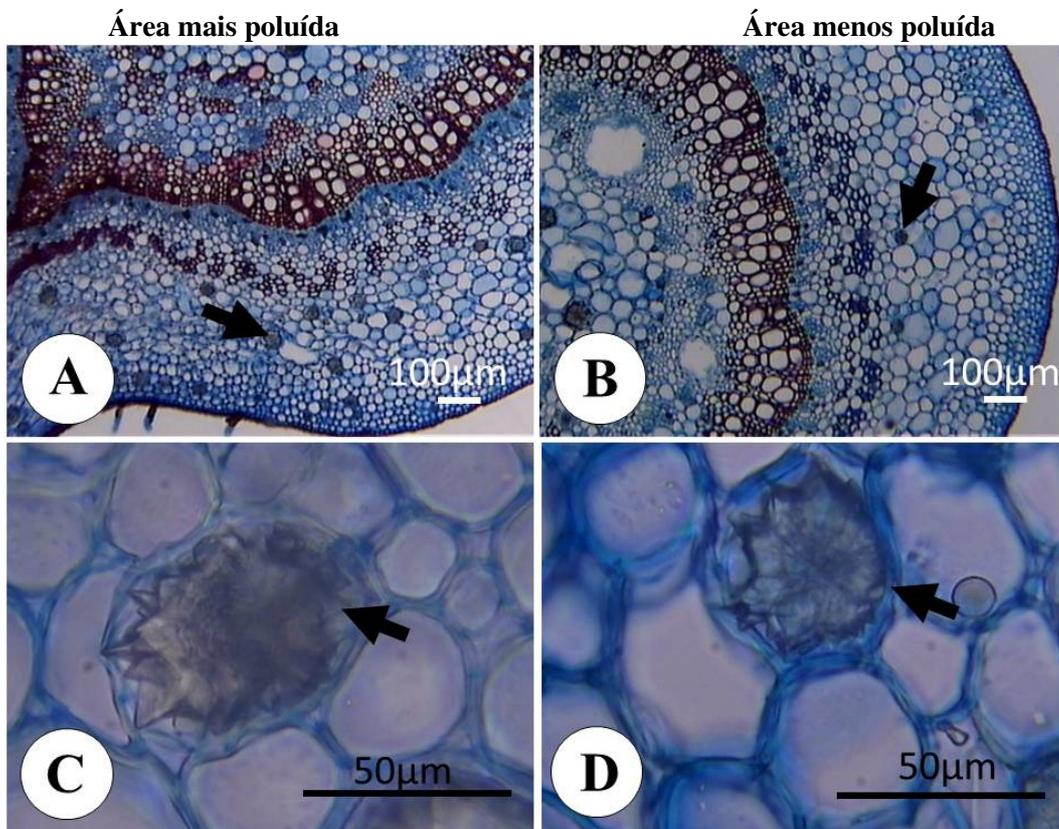


Figura 15. Vista transversal, sob microscopia óptica, das folhas de *Terminalia catappa* L. (Combretaceae). A. Mesofilo de folha da área mais poluída; B. Mesofilo de folha da área menos poluída. “setas” apontando drusas na região da nervura principal.

Discussão

Vários estudos apontam que dados quantitativos da morfologia externa de folhas podem ser alterados em decorrência da elevada exposição à poluição atmosférica (Balasooriya et al., 2009; Kardel et al., 2010, Khavanin Zadeh et al., 2013). Nossos resultados para a área total e o comprimento foliar corroboram os resultados de Alves et al. (2008), visto que, em seu estudo com *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae), estes autores encontraram maiores dimensões foliares nos espécimes oriundos do local com menor poluição do ar. Resultados similares para a área foliar também foram observados por Verma e Singh (2006) em *Ficus religiosa* e *Thevetia nerifoli*, na Índia. Sharma et al. (1980) encontraram maiores valores de comprimento e largura da folha em indivíduos de Kudzu (*Pueraria lobata* Willd.) de áreas menos poluídas, corroborando nossos resultados. Estes resultados indicam uma adaptação foliar que pode significar uma inibição do crescimento no número de células ou aumento do volume celular em folhas que se desenvolvem em ambientes mais poluídos, resultando em uma redução no desenvolvimento das folhas e consequente redução de sua biometria. Para estes autores, as características da morfologia externa podem ser utilizadas como bioindicadoras da poluição atmosférica, visto que são sensíveis ao aumento nos níveis de poluição, além de serem parâmetros de fácil mensuração.

Nosso estudo aponta que, para esta espécie, a poluição atmosférica alterou o desenvolvimento foliar em termos biométricos, quanto à área e largura da lâmina foliar (Tabela 1). Entretanto, Sharma et al. (1980) associam estas alterações na biometria foliar como um efeito adverso da poluição sobre a produção de biomassa e fotossíntese, fato não corroborado pelos resultados encontrados em nossa pesquisa, onde os valores de massa seca produzida (biomassa) nas folhas de ambientes mais ou menos poluídos não foram significativos (Tabela 1).

A densidade de células fundamentais da epiderme em folhas da espécie em estudo se explica pela redução na área foliar em indivíduos da área mais poluída; um menor desenvolvimento das células, por redução no volume celular, implica em um maior número de células por unidade de área nas folhas. Este fato é confirmado pela ausência de diferença significativa no índice de células fundamentais da epiderme, indicando que a poluição não influenciou na quantidade destas células produzidas nas folhas dos indivíduos das áreas com maior ou menor grau de poluição (Tabela 1).

Variações no grau de undulação (sinuosidade) nas paredes anticlinais das células da epiderme em folhas têm sido reportadas na literatura associadas a alterações climáticas. Ogunkunle et al. (2013), estudando os efeitos da poluição em folhas de *Pennisetum purpureum* e *Sida acuta*, encontraram uma redução no grau de undulação em folhas sob ação de poluição ambiental.

A ausência de variação significativa no comprimento polar dos estômatos da espécie estudada foi corroborado por Meerabi et al. (2012). Uma alteração nas dimensões dos estômatos é geralmente encontrada em folhas localizadas em posições distintas na copa das árvores e em folhas jovens e maduras (Camargo e Marengo, 2011).

Maior densidade estomática em folhas de locais com maiores níveis de poluição também foram encontradas por diversos autores (Pal et al., 2002; Verma e Singh, 2006; Alves et al., 2008; Balasooriya et al., 2009; Kardel et al., 2010). Aspectos relacionados aos estômatos são diretamente afetados pela poluição atmosférica, pois estas estruturas são responsáveis pelas trocas gasosas nas plantas, e podem alterar suas características de acordo com a qualidade do ar, a redução na densidade estomática implica em uma absorção menor de poluentes (Larcher, 2003; Kardel et al., 2010).

O aumento na densidade de estômatos implica na possibilidade de uma maior aeração dos tecidos foliares, especialmente aqueles envolvidos na fotossíntese, reduzindo a temperatura no interior das folhas em áreas mais poluídas, onde a temperatura é geralmente mais elevada, quando comparadas às áreas com menor poluição. Beerling et al. (2001) afirmam que este mecanismo é encontrado nas plantas desde as eras mais remotas, especialmente em folhas de plantas estabelecidas em regiões de baixas latitudes, como é o caso da espécie aqui analisada. Os autores afirmam que as folhas das plantas estabelecidas nestas regiões podem absorver mais de 200% da radiação solar e como consequência provoca um aumento na temperatura interna. Enfatizam que uma elevada densidade estomática está associada ao mecanismo de redução na temperatura interna, facilitando a translocação da água no xilema e da seiva orgânica no floema, permitindo a manutenção do processo de fotossíntese e produção de biomassa.

A ausência de diferença significativa para o índice de tricomas indica que a poluição, possivelmente, inibiu a diferenciação desta estrutura nas folhas dos indivíduos estabelecidos na área mais poluída.

Foram encontrados registros que corroboram nossos resultados; Trag et al. (2001, citado por Bosu e Wagner, 2007), encontraram menor

densidade de tricomas em folhas de indivíduos de *Ziziphus mauritiana* estabelecidos em áreas sob poluição em oposição a uma maior densidade de tricomas em folhas dos indivíduos de áreas não poluídas. Ogunkunle et al. (2013) encontraram maior índice de tricomas em folhas de indivíduos de *Sida acuta* crescendo em áreas sem poluição ambiental. Duldulao e Gomez (2008), investigando densidade de tricomas em girassol (*Tithonia diversifolia*), encontraram maiores valores em folhas das plantas de áreas menos poluídas.

Este fato pode estar informando acerca de duas possibilidades: a primeira indicando que as células fundamentais da epiderme nas folhas dos indivíduos da área menos poluída podem estar sendo estimuladas na diferenciação de tricomas, isto é, maior número de células fundamentais da epiderme estão se tornando tricomas. A segunda possibilidade é que as folhas de indivíduos da área mais poluída podem estar sob a ação de um efeito inibidor dos gases poluentes existentes na atmosfera sobre a diferenciação, implicando em uma redução na produção de tricomas.

Em contrapartida, muitos estudos diferem de nossos resultados para *T. cattapa* (Sharma e Butler, 1975; Garg e Varshney, 1980; Pal et al., 2002). Estes autores encontraram maior frequência de tricomas nas folhas de indivíduos estabelecidos em locais com maior nível de poluição atmosférica.

A presença de pelos em espécies, principalmente naquelas utilizadas na arborização urbana, é um caractere vantajoso, visto que estas estruturas auxiliam na captação de material particulado do ar, aumentando a superfície onde o material em suspensão pode ser depositado (De Nicola et al., 2008; Mitchell et al., 2010; Kardel et al., 2011).

A ausência de variação significativa para a espessura da cutícula nas folhas, de ambas as áreas, mostra que esta espécie, aparentemente, não produz mais cera como uma resposta de resistência à poluição, visto que ela é a primeira camada a entrar em contato com o ar atmosférico (Pal et al., 2002; Kardel et al., 2010). Este comportamento vai de encontro ao observado por muitos autores em plantas submetidas a condições ambientais de estresse, quando, em geral, elas aumentam a produção de cera e consequente espessura da cutícula (Pal et al., 2002). Estes autores afirmam que as plantas respondem aos efeitos estressantes do ambiente com o aumento da produção de cera, aumentando a espessura da cutícula; entretanto, indivíduos sob forte poluição atmosférica em ambientes com elevadas temperaturas podem ter esta espessura reduzida em função da ação dos gases poluentes sobre a superfície das folhas, reduzindo a espessura da cutícula. Este fato pode

explicar o que foi encontrado nas folhas dos indivíduos de *T. cattapa* que estão estabelecidos na área mais poluída, na Avenida Mascarenhas de Moraes.

Corroborando nossos resultados, diferença significativa na espessura do parênquima paliádico entre indivíduos estabelecidos nas áreas com maior e menor poluição atmosférica também foi relatado por Alves et al. (2008); as maiores médias foram obtidas para as folhas dos indivíduos sob menor grau de poluição.

No entanto, nossos indivíduos da área com menor grau de poluição atmosférica apresentaram os menores valores para este parâmetro. Alves et al. (2008) comentam que uma maior espessura do parênquima paliádico em locais com maior poluição do ar pode ser um mecanismo que dificulta a difusão do gás ozônio, abundante em áreas com elevados níveis de poluição atmosférica. Além disso, Khavanin Zadeh et al. (2012) apontam as características do mesófilo como indicadores da qualidade ambiental, verificando que a reflectância é maior nos vegetais estabelecidos em áreas mais poluídas. Essa reflectância foliar pode estar relacionada ao acúmulo de poluentes na superfície das folhas, assim como pode ser maximizada por características anatômicas como espessura da folha, espessura da cutícula, ou ainda espessura e número de camadas de parênquima clorofiliano, paliádico e esponjoso (Sims e Gamom, 2002; Honour et al., 2009).

O espessamento total da folha evidenciado nos indivíduos da área com maior poluição ambiental é explicado pela espessura e aumento do número de camadas do parênquima paliádico.

Uma maior quantidade de cristais em áreas com maiores níveis de poluição também foi encontrada em *Eugenia uniflora*, em São Paulo, por Alves et al. (2008). Isto sugere uma influência da poluição do ar na formação destes cristais, visto que é uma reação da planta a acumulação de íons em excesso, e estes, por sua vez, são concentrados com mais facilidade nas folhas em locais com maior poluição atmosférica e sob elevada temperatura, o que aumenta a evapotranspiração e, conseqüentemente, promove a formação de cristais.

Conclusão

A espécie estudada, *Terminalia catappa*, apresentou diferença significativa para a área e a largura foliar, assim como para a densidade estomática, o índice e a densidade de tricomas, a espessura do parênquima paliádico e o número de cristais, indicando esta espécie como potencial biodiadora de poluição ambiental.

Seu uso em áreas de intenso tráfego automobilístico pode contribuir para um

biomonitoramento mais eficiente da qualidade do ar, enfatizando seu potencial para arborização urbana, auxiliando na diminuição de poluentes atmosféricos, reduzindo os riscos de doenças respiratórias e no conforto térmico para a população que reside e trabalha no entorno destas áreas.

Em função do maior índice de tricomas ocorrer nas folhas da área menos poluída, em oposição aos extensos resultados encontrados na literatura, nossos resultados indicam uma necessidade de maiores estudos sobre o comportamento da diferenciação de tricomas em folhas de indivíduos crescendo sob variados graus de poluição urbana.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) através da concessão das bolsas de estudo dos discentes; à Prefeitura Municipal da Cidade do Recife pela autorização para a coleta das amostras nos indivíduos estudados, e ao apoio institucional da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), através do uso de suas instalações. Agradecemos ao CNPq pela Bolsa de Produtividade das professoras Josiclêda Domiciano Galvêncio e Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel.

Referências

Alves, E.S., Tresmondi, F., Longui, E.L., 2008. Leaf anatomy of *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) in urban and rural environments, São Paulo State, Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 22, 241-248.

Ayres, M., Ayres Júnior, M.A., Ayres, D.L., Santos, A.A.S., 2007. *BioEstat: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Bio-Médicas*. Belém, Pará.

Azuaga, D., 2000. Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil. Tese de mestrado em Engenharia-UFRJ.

Balasooriya, B.L.W.K., Samson, R., Mbikwa, F., Vitharana, U.W.A., Boeckx, P., Van Meirvenne, M., 2009. Biomonitoring of urban habitat quality by anatomical and chemical leaf characteristics. *Environmental and Experimental Botany* 65, 386-394.

Beerling, D.J., Osborne, C.P., Chalone, W.G., 2001. Evolution of leaf-form in land plants linked to atmospheric CO₂ decline in the Late Palaeozoic era. *Nature* 410, 352-354.

Biondi, D., 1985. Diagnóstico da Arborização de Ruas da Cidade do Recife. Dissertação de mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Bosu, P.P., Wagner, M.R., 2007. Effects of Induced Water Stress on Leaf Trichome Density and Foliar Nutrients of Three Elm (*Ulmus*) Species: Implications for Resistance to the Elm Leaf Beetle. *Environmental Entomology* 36, 595-601.

Briggs, D.J., De Hoogh, C., Gulliver, J., Wills, J., Paul, E., Simon, K., Kirsty, S., 2000. A regression-based method for mapping traffic-related air pollution: application and testing in four contrasting urban environments. *The Science of the Total Environment* 253, 151-167.

Brilhante, O.M., 1999. Gestão e Avaliação da Poluição, Impacto e Risco na Saúde Ambiental. In: Brilhante, O.M., Caldas, L.Q.A. (Coord.) *Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental* [online] pp.19-75. Disponível: <http://books.scielo.org/id/ffk9n/pdf/brilhante-9788575412411-03.pdf> Acesso: 17 jun 2015.

Brophy, N., Dore, C., Hann, M.R., Jackson, J., King, K., Murrells, T.P., Passant, N., Thistlewaite, G., Wagner, A., 2007. Air Quality Pollutant Inventories for England, Scotland, Wales and Northern Ireland. Report AEAT/ENV/R/2480, pp. 1990-2005.

Camargo, M.A.B., Marengo, R.A., 2011. Density, size and distribution of stomata in 35 rainforest tree species in Central Amazonia. *Acta Amazonica* 41, 205-212.

Caricchia, A.M., Chiavarini, S., Pezza, M., 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban atmosphere particulate matter in the city of Naples (Italy). *Atmospheric Environment* 33, 3731-3738.

Colville, R.N., Hutchinson, E.J., Mindell, J.S., Warren, R.F., 2001. The transport sector as a source of air pollution. *Atmospheric Environment* 35, 1537-1565.

Costa, V.B.S. da; Almeida, G.M.A. de; Chagas, M. das G.S. das; Pimentel, R.M. de M. 2011. Indicadores Anatômicos Foliares Como Estratégias de Defesa Contra Elevada Incidência Luminosa. *Revista Brasileira de Geografia Física* 2, 349-364.

De Nicola, F., Maisto, G., Prati, M.V., Alfani, A., 2008. Leaf accumulation of trace elements and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in *Quercus ilex* L. *Environmental Pollution* 153, 376-383.

Diário de Pernambuco, 2011. Disponível: <http://blogs.diariodepernambuco.com.br/mobili>

- [dadeurbana/tag/mascarenhas-de-moraes](#). Acesso: 15 jun 2015.
- Drumm, F.C., Gerhardt, A.E., Fernandes, G.D., Chagas, P., Sucolotti, M.S., Kemerich, P.D.C., 2014. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* 18, 66-78.
- Duchiade, M.P., 1992. Poluição do Ar e Doenças Respiratórias: Uma Revisão. *Caderno de Saúde Pública* 8, 311-330.
- Duldulao, M.C.G., Gomez, R.A., 2008. Effects of Vehicular Emission on Morphological Characteristics of Young and Mature Leaves of Sunflower (*Tithonia diversifolia*) and Napier Grass (*Pennisetum purpureum*). *Research Journal XVI*, pp.142-151.
- Falla, J., Laval-Gilly, P., Henryon, M., Morlot, D., Ferard, J.F., 2000. Biological air quality monitoring: a review. *Environmental Monitoring and Assessment* 64, 627-644.
- Favaretto, J.A., 1999. *Biologia*. Volume único. São Paulo: Editora Moderna.
- Freedman, B., 1995. *Environmental ecology. The ecological effects of pollution, disturbance and other stresses*. 2nd. San Diego: Academic Press Inc.
- Garg, K.K., Varshney, C.K., 1980. Effect of air pollution on the leaf epidermis at the submicroscopic level. *Experientia* 36, 1364-1366.
- Garg, K.K., Varshney, C.K., 1980. Effect of air pollution on the leaf epidermis at the submicroscopic level. *Experientia* 36, 1364-1366.
- Gouveia, N., Mendonça, G.A.S., Leon, A.P., Correia, J.E.M., Freitas, C.U., Daumas, R.P., Martins, L.C., Giuseppe, L., Conceição, G.M.S., Manerich, A., Cunha-Cruz, J., 2013. Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* 12, 29-40.
- Guarheiro, L.L.N., Vasconcellos, P.C., Solcib, M.C., 2011. Poluentes Atmosféricos Provenientes da Queima de Combustíveis Fósseis e Biocombustíveis: Uma Breve Revisão. *Revista Virtual de Química* 3, 434-445.
- Guiselini, C., Silva, I.J.O., Piedade, S.M., 1999. Avaliação da Qualidade do Sombreamento Arbóreo no Meio Rural. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 3, 380-384.
- Honour, S.L., Bell, J.N.B., Ashenden, T.W., Cape, J.N., Power, S.A., 2009. Responses of herbaceous plants to urban air pollution: Effects on growth, phenology and leaf surface characteristics. *Environmental Pollution* 157, 1279-1286.
- IBGE, 2015. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pe>. Acesso: 15 jun 2015.
- INMET, 2015. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso: 15 jun 2015.
- IPCC-Intergovernmental Panel for Climate Change - Climate Change, 2007. *Synthesis Report*. Disponível: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf. Acesso: 10 nov. 2013.
- Ivani, S.A., Silva, B.M.S., Oliveira, C., Môro, F.V., 2008. Morfologia de Frutos, Sementes e Plântulas de Castanheira (*Terminalia catappa* L. - Combretaceae). *Revista Brasileira de Fruticultura* 30, 517-522.
- Johansen, D.A., 1940. *Plant Microtechnique*. New York: McGraw-Hill Book Co. Inc..
- Kardel, F., Wuyts, K., Babanezhad, M., Vitharana, U.W.A., Wuytack, T., Potters, G., Samson, R., 2010. Assessing urban habitat quality based on specific leaf area and stomatal characteristics of *Plantago lanceolata* L. *Environmental Pollution* 158, 788-794.
- Kardel, F., Wuyts, K., Maher, B.A., Hansard, R., Samson, R., 2011. Leaf saturation isothermal remanent magnetization (SIRM) as a proxy for particulate matter monitoring: inter-species differences and in-season variation. *Atmospheric Environment* 45, 5164-5171.
- Khavanin Zadeh, A.R., Veroustraete, F., Buytaert, J.A.N., Dirckx, J., Samson, R., 2013. Assessing urban habitat quality using spectral characteristics of *Tilia* leaves. *Environmental Pollution* 178, 7-14.
- Khavanin Zadeh, A.R., Veroustraete, F., Wuyts, K., Kardel, F., Samson, R., 2012. Dorsi-ventral leaf reflectance properties of *Carpinus betulus* L.: an indicator of urban habitat quality. *Environmental Pollution* 162, 332-337.
- Klumpp, A., Ansel, W., Klumpp, G., Formin, A., 2001. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet). *Revista Brasileira de Botânica* 24, 511-518.
- Larcher, W., 2003. *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*, 4 ed. Springer, pp. 437-450.
- Lora, E.S., Teiceira, F.N., 2001. Energia e meio ambiente. In: Marques, M.C.S., Haddad, J., Martins, A.R.S. (Coord). *Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos*. Itajubá, MG: FUPA, pp. 43-128.

- Marquete, N., Loiola, M.I.B., 2015. *Combretaceae* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB22511>>. Acesso: 8 jun 2015.
- Martins, A.P.G., 2009. Cascas de árvores como biomonitores da poluição atmosférica de origem veicular em parques urbanos da cidade de São Paulo. Tese (Faculdade de Medicina). Universidade de São Paulo.
- Meerabai, G., Venkata Ramana, C., Rasheed, M., 2012. Effect of air pollutants on leaves of pigeon pea, a pulse crop of Fabaceae growing in the vicinity of a silicon industry, *World Rural Observations* 4, 19-21.
- Mitchell, R., Maher, B.A., Kinnersley, R., 2010. Rates of particulate pollution deposition onto leaf surfaces: temporal and inter-species magnetic analyses. *Environmental Pollution* 158, 1472-1478.
- Ogunkunle, C.O., Abdulrahman, A.A., Fatoba, P.O., 2013. Influence of cement dust pollution on leaf epidermal features of *Pennisetum purpureum* and *Sida acuta*. *Environmental and Experimental Biology* 11, 73-79.
- Pal, A., Kulshreshtha, K., Ahmad, K.J., Behl, H.M., 2002. Do leaf surface characters play a role in plant resistance to auto-exhaust pollution? *Flora* 197, 47-55.
- Piraino, F., Aina, R., Palin, L., Prato, N., Sgorbati, S., Santagostino, A., Citterio, S., 2006. Air quality biomonitoring: assessment of air pollution genotoxicity in the province of Novara (North Italy) by using *Trifolium repens* L. and molecular markers. *Science of the Total Environment* 372, 350-359.
- Romermann, B.M., Kirchner, M., Kudernatch, T., Jakobi, G., Fischer, A., 2006. Changed vegetation composition in coniferous forest near motorways in southern Germany: the effects of traffic-born pollution. *Environmental Pollution* 143, 572-581.
- Santos, M.N., Teixeira, M.L.F., 2010. Semente de amendoeira (*Terminalia catappa* L.) (Combretaceae) como substrato para o cultivo de orquídeas epífitas. *Acta Scientiarum. Agronomy* 32, 339-343.
- Sharma, G.K., Butler, J., 1975. Environmental Pollution: Leaf Cuticular Patterns in *Trifolium pratense* L. *Ann. Bot.* 39, 1087-1090.
- Sharma, G.K., Chandler, C., Salemi, L., 1980. Environmental Pollution and Leaf Cuticular Variation in Kudzu (*Pueraria lobate* Willd.). *Annals of Botany* 45, 77-80.
- Sims, D.A., Gamon, J.A., 2002. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment* 81, 337-354.
- Souza, A.L. de, Ferreira, R.A., Mello, A.A. de, Plácido, D. da R., Santos, C.Z.A. dos, Graça, D.A.S. da, Almeida Júnior, P.P. de, Barretto, S.S.B., Dantas, J.D. de M., Paula, J.W.A. de, Silva, T.L. da, Gomes, L.P.S., 2011. Diagnóstico Quantitativo e Qualitativo da Arborização das Praças de Aracaju, SE. *Revista Árvore* 35, 1253-1263.
- Strasburger, E., 1924. *Handbook of Practical Botany*. New York: MacMillan.
- Thomson, L.A.J., Evans, B., 2006. *Terminalia catappa* (tropical almond), ver. 2.2. In: Elevitch, C.R. (Ed.) *Species profiles for pacific Island agroforestry: permanent agriculture resources (PAR)*. Disponível: <http://agroforestry.org/free-publications/traditional-tree-profiles>> Acess: 8 jun 2015.
- Toledo, G.I.F.M., Nardocci, A.C., 2011. Poluição veicular e saúde da população: uma revisão sobre o município de São Paulo (SP), Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia* 14, 445-454.
- Verma, A., Singh, S.N., 2006. Biochemical and ultrastructural changes in plant foliage exposed to auto-pollution. *Environmental Monitoring and Assessment* 120, 585-602.
- WHO, 2009. World Health Organization. Climate Change is affecting our health: something should be done now [online] Disponível: http://www.who.int/globalchange/publications/factsheets/Climate_change_and_health_brochure.pdf?ua=1. Acesso: 8 jun 2015.
- Wilcox, D.B., Dove, D., McDavid, D.G., 2002. *Image Tool*. Texas: University of Texas Health Science Center.