



**CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
CAMPUS DE PATOS - PB**

JORGE DANILO ZEA CAMAÑO

**SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE REGULAÇÃO CLIMÁTICA E DA
QUALIDADE DO AR PELA ARBORIZAÇÃO EM PATOS-PB**

PATOS – PARAÍBA – BRASIL

MARÇO – 2016

JORGE DANILO ZEA CAMAÑO

**SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE REGULAÇÃO CLIMÁTICA E DA
QUALIDADE DO AR PELA ARBORIZAÇÃO EM PATOS-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, *campus* de Patos-PB, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Patrícia Carneiro Souto

PATOS – PARAÍBA – BRASIL

2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSTR

C172s

Camaño, Jorge Danilo Zea

Serviços ecossistêmicos de regulação climática e da qualidade do ar pela arborização em Patos-PB / Jorge Danilo Zea Camaño. – Patos, 2016. 79f.: il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2016.

“Orientação: Prof.^a Dr.^a. Patrícia Carneiro Souto”

Referências.

1. Arboricultura. 2. Poluição atmosférica. 3. Conforto térmico.
I. Título.

CDU 574.4

JORGE DANILO ZEA CAMAÑO

**SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE REGULAÇÃO CLIMÁTICA E DA
QUALIDADE DO AR PELA ARBORIZAÇÃO EM PATOS-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, no CSTR, como parte das exigências para a obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS.

Aprovada em 4 de março de 2016, em Patos-PB.

Prof.^a Dr.^a Patrícia Carneiro Souto

Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/PPGCF/ CSTR)
(Orientadora)

Prof. Dr. Francisco Tomaz de Oliveira

Instituto Federal da Paraíba, *Campus* de Sousa
(1º Examinador)

Prof. Dr. Jacob Silva Souto

Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/PPGCF/ CSTR)
(2º Examinador)

Ao Deus, nosso Pai, pelo dom da vida.
À minha família, pelo amor, apoio e compreensão.
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal de Campina Grande, *campus* Patos-PB, pela oportunidade de me fazer crescer como profissional e como pessoa.

À professora Dra. Patrícia Carneiro Souto, pela amizade, carinho e orientação durante o mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, especialmente aos doutores Jacob Silva Souto, Francisco de Assis Pereira Leonardo, Patrícia Carneiro Souto, Lucineudo Freire, Olaf Bakke, Naelza Nóbrega, Ivonete Bakke e Assíria Nóbrega, pelos ensinamentos, apoio e orientação durante minha formação do mestrado.

Ao professor Dr. Francisco Escobedo, professora MSc. María del Pilar Arroyave e ao MSc. Esteban Álvarez, pelo apoio na melhora do projeto.

Aos funcionários (as) da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da UFCG, *campus* de Patos, especialmente ao secretário do Programa, Paulo César Gomes da Silva, pela amizade e apoio incondicional de sempre.

Ao pessoal do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Laboratório de Nutrição Animal e Laboratório de Conforto Animal, especialmente ao professor Dr. Bonifácio Benício de Souza; do Laboratório de Tecnologia da Madeira, especialmente ao professor Dr. Leandro Calegari; do Laboratório de Sementes; e demais funcionários (as) da UFCG/*campus* de Patos.

A meus amigos Talytta Ramos, Lucas Almeida, César Henrique, Lyanne Alencar, Romualdo Cortez, Léo Palhares, Tibério Alencar, Roberto Barroso, Yasha De La Salles, Edjane Lucena, Lázaro Lavoisier, Felipe Amorim, Jordânia Xavier, Joseane Nunes, Louise Dias e Rosana Nascimento, pelo carinho e momentos compartilhados.

Ao pessoal do Jardim Botânico de Medellín, especialmente ao Engenheiro Florestal Germán Adolfo Restrepo Soto, pela amizade e empréstimo dos equipamentos para as medições climáticas.

A María Fernanda Betancur Granada e aos Engenheiros Florestais Jhonatan Cano Furagaro e Juan Esteban Calle Posada pelo carinho e apoio de sempre.

Aos funcionários da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE, especialmente ao Engenheiro Reinivaldo Ferraz Junior.

Aos estudantes Marília Bernardo e Érick Matheus. E a todas as demais pessoas que contribuíram para a realização deste sonho....

Muito obrigado!

!Muchas gracias!

O bem estar humano está diretamente relacionado à disponibilidade, em quantidade e qualidade, dos serviços ecossistêmicos.

Prof. Dr. Francisco Tomaz de Oliveira

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 A arborização urbana e sua importância.....	14
2.2 Os serviços ecossistêmicos (SE)	14
2.3 Poluição atmosférica	16
2.4 Pigmentos fotossintéticos nas folhas das árvores	18
2.5 Conforto térmico nas cidades	19
2.6 Caracterização botânica e uso de <i>Tabebuia aurea</i> e <i>Azadirachta indica</i> na arborização urbana	20
REFERÊNCIAS	22
CAPÍTULO 1. INFLUÊNCIA DO ACÚMULO DE PARTICULADOS ATMOSFÉRICOS EM INDIVÍDUOS DE <i>Tabebuia aurea</i> E <i>Azadirachta indica</i> PRESENTES NA ARBORIZAÇÃO DE PATOS-PB	28
RESUMO	29
ABSTRACT.....	29
INTRODUÇÃO.....	30
MATERIAL E MÉTODOS.....	31
Caracterização da área de estudo	31
Seleção dos locais de coleta.....	31
Quantidade e composição química do material particulado depositado nas folhas das árvores	32
Estimativa dos pigmentos fotossintéticos	34
Análise dos dados.....	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
Retenção de particulados em folhas de <i>Tabebuia aurea</i> e <i>Azadirachta indica</i>	35
Análise química foliar e de particulados depositados nas folhas de espécies arbóreas utilizadas na arborização	37
Influência da deposição de particulados nos pigmentos fotossintéticos	43
CONCLUSÕES.....	48
Agradecimentos.....	49

REFERÊNCIAS	49
CAPÍTULO 2. INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO DAS ESPÉCIES <i>Tabebuia aurea</i> E <i>Azadirachta indica</i> NO CONFORTO TÉRMICO DA CIDADE PATOS-PB, SEMIÁRIDO DO BRASIL.....	54
RESUMO	55
ABSTRACT.....	55
INTRODUÇÃO.....	56
MATERIAL E MÉTODOS.....	57
RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
CONCLUSÕES	66
Agradecimientos	66
REFERÊNCIAS	66
RECOMENDAÇÕES GERAIS.....	69
ANEXOS	70

ZEA-CAMAÑO, Jorge Danilo. **Serviços ecossistêmicos de regulação climática e da qualidade do ar pela arborização em Patos-PB**. 2016. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos - PB. 2016. 79 p.:il.

RESUMO

O estudo dos serviços ecossistêmicos na arborização urbana permite conhecer a contribuição das árvores para mitigar os efeitos da urbanização e melhorar as condições de vida da população. O presente trabalho objetivou avaliar a capacidade das espécies arbóreas *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica* em fornecer serviços ecossistêmicos de regulação climática e qualidade do ar para cidade de Patos-PB, região semiárida do Brasil. Para avaliar a função bioindicadora e biorremediadora das espécies na qualidade do ar, foram escolhidas árvores localizadas em dez praças públicas, sendo cinco em área com alto fluxo veicular e cinco em área com baixo fluxo veicular, no período compreendido entre outubro e novembro de 2015. No laboratório, as folhas das árvores foram lavadas com água destilada para quantificar o acúmulo de particulados, e a área foliar foi medida com auxílio do programa imageJ®. No material proveniente da lavagem com o acúmulo de particulados e nas amostras foliares, foram determinados os teores de Mg, S, Pb, Fe, Cu e Zn. Em material foliar fresco, foi estimado o teor de clorofila *a/b* e carotenoides, de modo a analisar a influência do acúmulo de particulados nos pigmentos fotossintéticos. Na avaliação do conforto térmico, realizou-se a medição da temperatura ambiente e temperatura radiante, sob e fora da copa das árvores para estimar o índice de desconforto de Thom. Foram aplicados o teste t normal e o teste t pareado ($p < 0,05$) para comparação de médias. As espécies *T. aurea* e *A. indica* registraram, em média, valores de retenção de particulados de $37,65 \mu\text{g cm}^{-2}$ e $27,13 \mu\text{g cm}^{-2}$, respectivamente. Os pigmentos fotossintéticos de *T. aurea* constituem-se um bom bioindicador da contaminação atmosférica por acúmulo de particulados. As análises químicas mostraram que as espécies *T. aurea* e *A. indica* cumprem função biorremediadora da contaminação atmosférica, com destaque para *T. aurea*. O teor de chumbo foi maior na solução proveniente da lavagem das folhas do que presente nos tecidos foliares. A temperatura ambiente e a temperatura radiante medidas sob a copa das árvores de *T. aurea* e *A. indica* apresentam diferenças significativas quando comparadas com a temperatura registrada fora da influência das árvores. O índice de desconforto de Thom demonstrou não ser um bom indicador do conforto térmico para a cidade de Patos, região semiárida da Paraíba.

Palavras-chave: Arboricultura, Poluição atmosférica, Conforto térmico.

Zea-Camaño, Jorge Danilo. **Ecosystem services of climate control and air quality in urban forestry in the city Patos-PB**. 2016. Master's Dissertation in Forest Science. CSTR / UFCG Patos - PB. 2016. 79 pgs.:il

ABSTRACT

The study of ecosystem services in urban forestry makes it possible to know more about the contribution of trees to mitigate urbanization effects and improve living conditions for the population. This study aimed to evaluate the capacity of tree species *Tabebuia aurea* and *Azadirachta indica* in providing ecosystem services for climate control and air quality in the city of Patos-PB, semiarid region of Brazil. To evaluate the bioindicator and bioremediation functions of these species regarding air quality, trees were chosen in ten public squares; five of them in area with high vehicle flow and five in an area with low vehicle flow, in the period between October and November 2015. In laboratory, the leaves were washed with distilled water to quantify the particulate accumulation, and leaf area was measured with imageJ® software. In the material from washing of the accumulation of particulate and in leaf samples, the content of Mg, S, Pb, Fe, Cu and Zn were determined. In fresh leaf material, chlorophyll a/b and carotenoid content were estimated to analyze the influence of particulate accumulation in photosynthetic pigments. In the evaluation of thermal comfort, there was the measurement of the ambient temperature and radiant temperature under and outside the tree canopy to estimate Thom's discomfort index. Then, normal t-test and paired t-test ($p < 0.05$) for average comparison was applied. The *T. aurea* and *A. indica* species recorded, on average, particulate retention values of $37.65 \mu\text{g cm}^{-2}$ and $27.13 \mu\text{g cm}^{-2}$, respectively. The photosynthetic pigments in *T. Aurea* constitute a good bioindicator of air pollution by particulate buildup. Chemical analysis showed that *T. aurea* and *A. indica* species meet bioremediation function of atmospheric pollution, especially *T. Aurea*. The lead content was higher in the solution from washed leaves than the one present in the leaf tissue. The ambient temperature and the radiant temperature measurements under the tree canopy of *T. aurea* and *A. indica* showed significant differences when compared with the recorded temperature outside the tree canopy. Thom's discomfort index was demonstrated as a not good indicator of thermal comfort for the city of Patos, semiarid region of Paraíba State.

Keywords: arboriculture, atmospheric pollution, thermal comfort.

1 INTRODUÇÃO

Em nível mundial, a maioria da população está concentrada em centros urbanos com tendência ao incremento. O Brasil representa de boa maneira essa situação, assim e, segundo dados do IBGE (2010), no ano 1960, sua população era de 70.992.343, com uma proporção rural/urbana de 55-45%, respectivamente; já no ano 1970, a distribuição inverteu-se até alcançar, no último censo demográfico, realizado no ano 2010, 84,4% (190.732.694) de sua população habitando em cidades.

As consequências dessa migração rural e da concentração urbana suscita preocupação em muitos aspectos, entre eles, o aumento significativo na demanda de bens e serviços ecossistêmicos para mitigar as alterações sobre o ambiente e melhorar as condições de vida. Nesse contexto, as árvores são elementos fundamentais nas cidades, porque elas representam uma forma de minimizar alguns impactos, além de oferecer diversos benefícios; ambientais, estéticos, paisagísticos, recreativos, sociais e econômicos (MELO; LIRA FILHO; RODOLFO JÚNIOR, 2007; ACOSTA, 2010).

Entre os serviços ecossistêmicos que a vegetação arborescente proporciona, pode-se ressaltar a mitigação da contaminação atmosférica e captura de CO₂, a regulação hídrica e microclimática, a proteção e habitat para a biodiversidade. Do ponto de vista social, ressaltase o melhoramento paisagístico, devido ao atrativo visual da folhagem e das flores das árvores, a redução do estresse e o aumento do bem-estar psicológico (IDU; DAMA; JBB, 2002).

A estimativa dos serviços ecossistêmicos nas áreas verdes urbanas serve de suporte básico para a formulação de planos de melhoramento ambiental das cidades e oferece elementos para seu manejo integral, dentro das regulações ambientais locais e regionais (NOWAK et al., 2013). Por isso, atualmente, existe um interesse crescente por conhecer como as áreas verdes urbanas contribuem para a qualidade ambiental das cidades.

A cidade de Patos, na Paraíba, apresenta déficit de espaços públicos verdes, devidamente arborizados, e, entre as possíveis causas, encontra-se a subestimação e o desconhecimento, por parte da população, sobre os serviços ecossistêmicos que as árvores oferecem e qual é a importância deles do ponto de vista social, econômico e ambiental.

Um ponto negativo e preocupante observado na cidade de Patos-PB é a existência de vegetação arbórea em número reduzido, concentrando-se, principalmente, em aproximadamente 24 praças, relativamente pequenas, e um parque recreativo religioso. Outra

parte da vegetação existente foi implantada pelos habitantes em frente de suas residências, além de indivíduos presentes em canteiros centrais localizados em algumas ruas.

Adicionalmente, as árvores são constantemente podadas pelos moradores com fins estéticos, para dar-lhes formas geométricas e também para evitar a obstrução da visão de suas casas, como também o contato com redes elétricas, atividade essa que é realizada sem nenhum critério técnico, o que demonstra o desconhecimento da população sobre os benefícios ambientais proporcionados pelas árvores em condições satisfatórias.

Em países em via de desenvolvimento, estudos científicos sobre serviços ecossistêmicos das árvores em ambientes urbanos ainda são escassos e dispersos, e se desconhece o potencial das árvores para fornecer benefícios ambientais à população urbana porque ainda não há ferramentas bem definidas e fundamentadas para seu estudo.

Com a finalidade de obter dados sobre os benefícios ambientais fornecidos pelas áreas verdes públicas de Patos-PB, a presente pesquisa tem como objetivo quantificar os serviços ecossistêmicos de regulação climática e da qualidade do ar em árvores de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*, localizadas nas praças da cidade, e a influência da poluição atmosférica nos pigmentos fotossintéticos de suas folhagens.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A arborização urbana e sua importância

A arborização urbana é o conjunto de árvores, arbustos e palmeiras isolados ou agregados, plantados ou por regeneração natural, que fazem parte das zonas verdes públicas e privadas de uma cidade, e que normalmente é manejada para ser conservada e potencializar seus benefícios ambientais, ecológicos e paisagísticos. De acordo com Alvarez et al. (2010), a arborização urbana é considerada um sinônimo de qualidade de vida e está distribuída nos diferentes ambientes públicos e privados que compõem a cidade, tal como parques, jardins e praças, residências e indústrias, além de ruas, canteiros e outros.

A vegetação urbana é um elemento importante na melhoria das condições de vida das pessoas, mas o crescimento demográfico acontece regularmente com a falta de um planejamento (MELO; LIRA FILHO; RODOLFO JÚNIOR, 2007) e essa condição suscita constante preocupação porque impede a implantação de espaços verdes públicos em quantidade e qualidade.

O estudo e manejo da arborização urbana deu origem às disciplinas como a arboricultura, que é encarregada das intervenções e técnicas individuais nas árvores no contexto urbano, e da silvicultura urbana, que se encarrega do estudo e manejo dos conjuntos de árvores que formam florestas, fragmentos e núcleos de vegetação.

No Brasil, apesar da existência de cidades com tradição e destaque em sua arborização, como é o caso de Curitiba-PR, o tema é considerado como recente e de evolução lenta, visto que os governantes e a comunidade devem participar ativamente e cumprir seus distintos papéis (MELO; LIRA FILHO; RODOLFO JÚNIOR, 2007).

As praças públicas são, regularmente, espaços concorridos das cidades, e, por isso, é importante se planejar adequadamente sua arborização para não provocar problemas em seu entorno, assim como valorizar os aspectos paisagísticos e ecológicos com a utilização, principalmente, de espécies nativas (KRAMER e KRUPEK, 2012).

2.2 Os serviços ecossistêmicos (SE)

O termo “serviços ecossistêmicos” (SE) é recente, e sua primeira referência é comumente atribuída à Millenium Ecosystem Assesment (2003), que o define como: “os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas” e os classifica em quatro tipos: serviços de fornecimento, serviços de suporte, serviços culturais e serviços de regulação; desse último faz parte a regulação da qualidade do ar. Depois, surgiram novas e mais estruturadas definições

(BROWN; BERGSTROM; LOOMIS, 2007; FISHER; TURNER; MORLING, 2009), mas todas elas se reportam aos benefícios que a vegetação presta aos seres humanos (ESCOBEDO; KROEGER; WAGNER, 2011), porém a comunidade pode ou não estar ciente desses serviços (ACOSTA, 2010).

Millenium Ecosystem Assesment (2003) classifica os serviços ecossistêmicos segundo a forma como são provisionados e como se relacionam com o ser humano. Dessa forma, tem-se quatro categorias: serviços de provisão, serviços de regulação, serviços de suporte e serviços culturais (Tabela 1).

Tabela 1 – Serviços ecossistêmicos no ecossistema urbano

Serviços de fornecimento	Produção de alimentos
	Matérias primas
	Fornecimento de água
Serviços de regulação	<i>Regulação da composição do ar</i>
	<i>Regulação do clima</i>
	Regulação ambiental
	Regulação de fenômenos
	Regulação de processos nos solos
	Regulação de resíduos Autodepuração
Serviços de suporte	Ciclagem de nutrientes
	Função habitacional
	Ciclagem hidrológica
Serviços culturais	Funções estéticas
	Funções recreativas
	Recursos culturais e artísticos
	Funções espirituais
	Ciência e educação

Fonte – Szumacher e Malinowska (2013)

Segundo Escobedo; Kroeger; Wagner (2011), as florestas urbanas podem produzir simultaneamente saídas do ecossistema, que, dependendo do cenário urbano (a diversidade dos processos ecológicos, percepções individuais e sociais, a demografia e as realidades econômicas), elas podem ser descritas como serviços ecossistêmicos ou desserviços. Para ilustrar a diferença, os autores citam que uma zona verde esteticamente agradável, com conforto cada vez maior proporcionado pelas árvores, pode ser, ao mesmo tempo, fonte de

alergias pelo pólen, acúmulo de serapilheira nos tetos das residências e visão obstruída. Nesse caso, estes últimos são considerados desserviços.

2.3 Poluição atmosférica

A poluição atmosférica pode ser definida como a liberação de elementos químicos, substâncias ou agentes contaminantes em um determinado ambiente, prejudicando os ecossistemas e a vida dos seres humanos (SERRA, 2008). Ela tem alcançado níveis alarmantes, principalmente nas cidades, onde as doenças respiratórias e de visão, dores de cabeça e mal-estar são relativamente comuns (NUCCI, 2008).

O material particulado com diâmetro $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) é considerado o mais nocivo para a saúde, e é responsabilidade dos órgãos públicos e da sociedade adotar medidas para sua mitigação e controle, que garantam à população o direito a desfrutar de um ambiente saudável (CHEN et al., 2015; IRGA: BURCHETT; TORPY, 2015; SARAIVIA et al., 2013). A arborização, devidamente planejada e implantada, pode ter uma contribuição importante nesse aspecto mediante a redução dos poluentes atmosféricos, de preferência em plantio com maior densidade e formando corredores ecológicos (ALCALÁ et al., 2011).

A contaminação do ambiente por partículas suspensas no ar é então um problema sério de saúde, e, nesse sentido, o serviço ecossistêmico de retenção de particulados que as árvores fornecem pode contribuir com a diminuição de doenças cardiorrespiratórias da população (ALVES et al., 2015; ARCINIÉGAS-SUÁREZ, 2012; KAMPA e CASTANAS, 2008).

Essa situação representa riscos e afeta o direito de gozar de um ambiente como estabelecem as leis. Apesar disso, o interesse por conservar o ar livre de contaminantes tem sido relativo, retórico e pouco efetivo por parte da maioria dos governos, em que recaem, de maneira direta, as responsabilidades de cuidá-lo, inclusive, em alguns casos, promovem-se políticas que são contrárias a esse propósito (SANTIAGO, 2013).

Os poluentes do ar nos centros urbanos são inúmeros, e as fontes de emissão são muito diversas, sendo a queima de combustíveis fósseis a principal (SILVA, 2011). Para minimizar seus efeitos, são comumente utilizadas as árvores, pelo fato de capturarem as partículas atmosféricas em seus órgãos, principalmente nas folhas, depositadas posteriormente no chão pelo efeito da chuva ou por outros mecanismos. Para Moreira (2010), o conhecimento dos componentes químicos da poluição atmosférica depositada nas folhas das árvores, em áreas verdes urbanas, possibilita compreender a interação da vegetação com o meio urbano e sua contaminação. De forma similar, o conhecimento da composição química da folhagem

permite ter uma ideia da biorremediação que as árvores podem realizar na cidade (ALCALÁ et al., 2008a).

Entre os poluentes comumente encontrados nas árvores, os mais importantes são o ozônio (O₃), o dióxido de nitrogênio (NO₂), o dióxido de enxofre (SO₂), o monóxido de carbono (CO) e as partículas em suspensão (KLUMPP et al., 2001). Estas últimas são compostas normalmente de metais pesados como Cobre, Ferro e Zinco, por estarem relacionados com a queima de combustíveis fósseis por veículos.

Nowak et al. (2013), em estudo sobre partículas contaminantes, com diâmetro $\leq 2,5 \mu\text{m}$ (PM_{2,5}), para dez cidades dos Estados Unidos de América, encontraram que as árvores podem remover entre 4,7-64,5 toneladas de particulados suspensos no ar, dependendo das características da cidade e de sua arborização, que representam benefícios para os cidadãos valorados entre US\$ 1,1 milhões a US\$ 60,1 2 milhões. Estudo semelhante, realizado por Escobedo; Seitz; Zipperer (2015), na cidade de Gainesville (EUA), estimou que 1 m² de cobertura arbórea remove em média 6 g ano⁻¹ de material particulado suspenso no ar, o que representa aproximadamente US\$ 2 milhões ano⁻¹ em benefícios associados com a saúde.

Em estudo realizado em 55 cidades dos Estados Unidos de América, Nowak; Crane; Stevens (2006) relatam que as árvores podem remover até 70.900 toneladas de SO₂, o que representa cerca de US\$ 117 milhões em benefícios para a população. Os óxidos de enxofre constituem uns dos principais gases contaminantes das cidades que afetam a saúde da população, e estes gases estão associados com atividades industriais, automotivas e com a queima de biomassa (ALCALÁ et al., 2008a). A cidade de Patos-PB, onde foi desenvolvida a presente pesquisa, além de ter um tráfego veicular representado por mais de 42.000 veículos (DETRAN, 2016), registra alto consumo de lenha, pela sua utilização como combustível na pequena indústria (OLIVEIRA et al., 2006b), situação que acrescenta a emissão e concentração de SO₂ no ambiente urbano.

Alcalá et al. (2013), estudando a composição química das folhas de três espécies arbóreas, durante um ano, em área rural-urbana de duas cidades do estado de San Luis Potosí (México), após o resultados, afirmam que Pb e Cu são importantes contaminantes ambientais, geralmente associados com o adensamento urbano. Chumbo e cobre fazem parte do grupo de metais pesados, tóxicos, mesmo em pequenas quantidades, especialmente Pb, que não faz parte naturalmente da estrutura de nenhum organismo vivo e, portanto, uma vez que é absorvido, não desempenha funções no metabolismo de plantas e animais (MIGLIAVACCA, 2009; ÁLVARES JUNIOR et al., 2002). No caso das áreas urbanas, a contaminação por metais pesados está mais associada com o trânsito veicular do que com o adensamento urbano

(BAYCU et al., 2006; LÓPEZ et al., 2006), e sua presença causa graves problemas à saúde humana, assim como em outros organismos vivos (ALCALÁ et al., 2009).

2.4 Pigmentos fotossintéticos nas folhas das árvores

A fotossíntese é um processo metabólico das plantas que pode ser abordada do ponto de vista ecofisiológico (RIBEIRO e MACHADO, 2007). Nesse processo, a clorofila desempenha um papel importante, porque capta a luz solar e a utiliza como fonte de energia para transformar dióxido de carbono, água e sais minerais no próprio alimento da planta.

A clorofila se divide em quatro pigmentos naturais (a, b, c e d), que ocorrem principalmente nos cloroplastos das folhas. A clorofila **a** é o pigmento utilizado para realizar a fase fotoquímica (o primeiro estágio do processo fotossintético) e se diferencia quimicamente da clorofila **b**, por ter uma cadeia lateral $-CH_3$; já a clorofila **b** apresenta $-CHO$. Os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios, que também incluem os carotenoides e as ficobilinas (STREIT et al., 2005).

A intensidade luminosa, a temperatura, a concentração de CO_2 , o teor de nitrogênio da folha e a umidade do solo são fatores que afetam a atividade fotossintética dos vegetais (MARENCO e LOPES, 2009).

No ambiente urbano, as árvores são afetadas pela poeira proveniente do solo, que pode impedir a luz nas folhas, danificá-las e causar toxicidade por gases tóxicos que entram nas folhas através dos estômatos, prejudicando a troca gasosa, impedindo a fotossíntese e destruindo os cloroplastos (BIONDI, 1995). Para o autor, a concentração de SO_2 causa queima nas folhas, inibe o movimento das células guardas e, desta forma, causa excessiva transpiração. A análise dos poluentes nas folhas das árvores que crescem em zonas verdes urbanas é relevante para compreender seus efeitos na fotossíntese, através do estudo dos pigmentos fotossintéticos.

Amulya; Kumar; Jagannath (2015), avaliando o impacto da poluição atmosférica nas respostas anatômicas e bioquímicas de duas espécies tropicais (*Tabernaemontana divaricata* e *Hamelia patens*), com árvores localizadas em área com alto tráfego veicular, da cidade de Mysore (Índia) e em outras situadas a 10 km da cidade (área controle), encontraram correlação negativa entre os resultados de clorofila **a/b**, clorofila total e a poluição, evidenciando a influência da contaminação atmosférica nos pigmentos fotossintéticos.

Para Rodrigues et al. (2015), o acúmulo contínuo de particulados causa alterações físicas na folhagem da árvore, diminuindo sua capacidade fotossintética e seu crescimento.

Algumas espécies, mesmo indivíduos da própria espécie, são mais tolerantes a contaminantes atmosféricos do que outros, mesmo assim, altas concentrações destes elementos podem acarretar danos nas árvores e até causar sua morte (ALCALÁ et al., 2008b).

Joshi e Swami (2009) salientam que as alterações na concentração da clorofila em árvores submetidas à poluição atmosférica em ambientes urbanos são devido, principalmente, ao sombreamento ocasionado pela deposição, na superfície da folha, de partículas contaminantes suspensas no ar, o que impede que as mesmas aproveitem ao máximo a radiação solar que chega até elas. Lichtenthaler et al. (2007), por exemplo, em estudo realizado na Europa, encontraram que folhas de árvores sob radiação solar apresentaram maior teor de clorofila *a/b* e carotenoides do que aquelas sob condições de sombra, e destacam o fato de que as folhas, durante seu desenvolvimento, realizam adaptações morfológicas e bioquímicas especiais para o máximo aproveitamento da luz.

2.5 Conforto térmico nas cidades

Entre os diversos problemas socioambientais causados pelo inadequado planejamento urbano, encontram-se as alterações climáticas, que modificam os índices de conforto térmico e prejudicam a qualidade de vida da população (MARTINI et al., 2013). Segundo Abreu (2008), um dos principais responsáveis pelas alterações climáticas nas cidades é a falta de vegetação, uma vez que elas oferecem condições para regular e melhorar o clima.

Nesse contexto, o conforto térmico é uma sensação humana que depende da combinação de vários fatores de tipo ambiental e individual das pessoas, alguns deles considerados subjetivos, como é o caso da idade, sexo, estado de saúde, adaptação fisiológica ao clima local ou, simplesmente, preferências pessoais (SILVA; GONZALEZ; SILVA FILHO, 2011).

A radiação solar direta é, sem dúvida, uma das variáveis que mais determina o conforto térmico em ambientes abertos. No caso do Brasil, a maior parte de seu território localiza-se na faixa intertropical, que apresenta maior intensidade de radiação solar e, conseqüentemente, é considerada a mais quente do planeta (GURGEL, 2010). Para o autor, as condições de conforto térmico experimentadas por um indivíduo dependem das condições meteorológicas do lugar, bem como de fatores pessoais como a vestimenta, a atividade física e até mesmo o seu biotipo.

A vegetação desempenha um papel muito importante na atenuação da radiação solar direta através do sombreamento que proporciona. No meio urbano, as árvores geralmente

ocorrem em formas combinadas e em diferentes arranjos florísticos, fato que resulta no conforto térmico específico para cada local (LABAKI et al., 2011).

Com relação à importância de se estudar o conforto térmico nas praças e parques, Gomes e Amorim (2003) salientam que esses são os locais públicos de lazer mais próximos e frequentados pela população e que devem proporcionar condições de bem estar para aquelas pessoas que fazem uso delas.

De acordo com Baêta e Souza (2010), têm sido propostos vários índices para determinar o conforto térmico humano. No Brasil, o índice de Desconforto de Thom (1959), também conhecido como Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Índice de Temperatura Efetiva (ITE), tem sido utilizado devido a sua simplicidade e praticidade. Ele foi desenvolvido nos Estados Unidos da América, usando informações de temperatura do bulbo seco (temperatura do ambiente) e temperatura do bulbo úmido. Mesmo assim, ele tem a desvantagem de não levar em consideração outros parâmetros, como a velocidade do vento e as características particulares da população.

Barbosa e Vecchia (2009) afirmam que a arborização condiciona a criação de ambientes termicamente favoráveis à saúde, habitabilidade e uso dos espaços urbanos. Estes autores salientam (que sobre) a necessidade de incorporar os serviços ecossistêmicos de regulação climática fornecidos pelas árvores no tratamento que projetistas e planejadores urbanos dispensam às áreas verdes da cidade, considerando apenas valores estéticos e de lazer.

A arborização devidamente implantada e manejada contribui, então, na melhora microclimática e no conforto térmico de espaços urbanos. Não entanto, em estudos de conforto térmico em ambientes externos, como parques e praças, é importante considerar os requerimentos e repostas fisiológicas da população, e isso vai depender das características da região em que mora, além da necessidade de fazer abordagem de diferente de estudos de conforto térmico em ambientes internos e climatizados onde as condições podem ser controladas (SALATA et al., 2016; RUIZ e CORREA, 2015). A situação de desconforto térmico é incompatível com a função de lazer que a praça deve desempenhar (GOMES e AMORIM, 2003).

2.6 Caracterização botânica e uso de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica* na arborização urbana

A espécie *Azadirachta indica* A. Juss., de acordo com o Sistema de Classificação de Cronquist, pertence à família Meliaceae e caracteriza-se por apresentar 10-15 m de altura e

30-40 cm de DAP (Diâmetro à Altura do Peito); casca fissurada; raiz profunda, não conflitiva; copa densa e redonda, de 6-7 m de diâmetro; folhas compostas, alternas, pinadas, imparipinadas, folíolos serrados, assimétricos; flores brancas e fragrantas na forma de racimos; frutos em drupas pequenas, de cor amarela quando maduros. É uma espécie originária da Birmânia e da Índia que se adapta muito bem de 0-1.600 m de altitude, com longevidade média (RINCÓN-HENAO; ZEA-CAMAÑO; PÉREZ-ZABÁL, 2011; MORALES e VARÓN, 2006).

De acordo com Lucena et al. (2015) e Lacerda; Lira Filho; Santos (2011), *Azadirachta indica* é uma espécie introduzida que se adaptou fácil às condições do semiárido brasileiro e está sendo muito implantada como ornamental nas cidades da Paraíba, por apresentar crescimento rápido. No entanto, é comum a prática de poda da copa para regular o seu crescimento, o que diminui sua capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos.

A espécie *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore é uma espécie nativa do Brasil que pertence à família Bignoniaceae, apresenta 10-20 m de altura, 30-100 cm de DAP; casca fissurada e cristas descontínuas e sinuosas; copa ampla; folhas compostas, digitadas, opostas, cruzadas, decussadas, com 5-7 folíolos cartáceos; flores amarelo-ouro, reunidas em inflorescências terminais; fruto tipo siliqua, deiscentes, medindo 14-18,5 cm de comprimento (SIQUEIRA FILHO et al., 2009). É uma espécie de ampla distribuição natural, facilmente encontrada em áreas de Cerrado, Caatinga, Floresta Amazônica e Pantanal, comumente utilizada como ornamental e para fins medicinais, construção civil, carpintaria e produção de carvão, entre outros (OLIVEIRA et al., 2006^a; LORENZI, 2008).

Na metade do segundo semestre do ano, ocorre a floração de *T. aurea*, que se destaca na paisagem da Caatinga pelo seu colorido e abundância (MEDEIROS, 2013), sendo esse o motivo principal para sua utilização na arborização pública. Para Lacerda; Lira Filho; Santos (2011), a espécie *T. aurea* é apropriada para a arborização no semiárido paraibano, além de ser muito útil para reflorestamentos mistos de áreas degradadas destinadas à recomposição da vegetação. No entanto, o fato de apresentar caducifolia faz com que seja desconsiderada para o plantio, devido à folhagem que cai massivamente em tetos e nas calçadas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. V. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- ACOSTA, S. M. F. **Revisión de los modelos CITYgreen, i-tree Tools ECO y i-Tree Tools Streets, como herramientas para la cuantificación de los servicios Ecosistemicos prestados por el arbolado urbano de Bogotá**. 2010. 99 p. Monografía (programa de Ecología), Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2010.
- ALCALÁ, J. J.; SOSA, M.; MORENO, M.; ORTEGA, J.; QUINTANA, C.; HOLQUÍN, C. Especies arbóreas evaluadas como bioacumuladoras de azufre en la ciudad de Chihuahua, México. **Ecología Aplicada**, v.7, p.17-21, 2008a.
- ALCALÁ, J. J.; SOSA, M.; MORENO, M.; QUINTANA, G.; MIRANDA, S.; RUBIO, A. Metales pesados en vegetación arbórea como indicador de la calidad ambiental Urbana: ciudad de Chihuahua, México. **Multequina**, v.17, p.39-54, 2008b.
- ALCALÁ, J. J.; SOSA, M.; MORENO, M.; RODRÍGUEZ, J. C.; QUINTANA, C.; TERRAZAS, C.; RIVERO, O. Metales pesados en suelo urbano como un indicador de la calidad ambiental: ciudad de chihuahua, México. **Multequina**, v.18, p.53-69, 2009.
- ALCALÁ, J. J.; RODRÍGUEZ, J. C.; TISCAREÑO, M. A.; HERNÁNDEZ, A.; TAPIA, J. J.; LOREDO, C.; VILLASEÑOR, E. Mitigación del impacto ambiental del polvo atmosférico a través de *Prosopis laevigata* y *Schinus molle*, San Luis Potosí, México. **Multequina**, v.18, p.37-51, 2011.
- ALCALÁ, J. J.; ORTIZ, J. C. R.; ZUÑIGA, M. E. V.; MONTOYA, A. H.; ARREOLA, M. E. G.; MORALES, F. A. B.; FUENTES, H. R. Vegetación bioindicadora de metales pesados en un sistema semiárido. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, v.45, n.1, p.27-42, 2013.
- ÁLVARES JUNIOR, O. M.; LACAVA, C. I. V.; FERNANDES, P. S. **Emissões atmosféricas**, Brasília: SENAI/DN, 2002. 373 p.
- ALVAREZ, I. A.; SILVA FILHO, D. F. da; COUTO, H. T. Z.; POLIZEL, J. L. Comparação entre videografia e fotografia aérea para diagnóstico da vegetação em ambiente urbano de Piracicaba, SP. **Revista Árvore**, v.34, n.4, p.691-698, 2010.
- ALVES, D. D.; OSÓRIO, D. M. M.; RODRIGUES, M. A. S.; ILLI, J. C.; BIANCHIN, L.; BENVENUTI, T. Concentrations of PM_{2.5-10} and PM_{2.5} and metallic elements around the Schmidt Stream area, in the Sinos River Basin, southern Brazil. **Brazilian journal Biology**, v.75, n.4, p.43-52, 2015.
- AMULYA, L; KUMAR, N. K. H; JAGANNATH, S. Air pollution impact on micromorphological and biochemical response of *Tabernaemontana divaricata* L.

(Gentianales: Apocynaceae) and *Hamelia patens* Jacq. (Gentianales: Rubiaceae). **Brazilian Journal of Biological Sciences**, v.2, n.4, p.287-294, 2015.

ARCINIÉGAS-SUÁREZ, C. A. Diagnóstico y control de material particulado: Partículas suspendidas totales y fracción respirable pm10. **Revista Luna Azul**. v.34, p.195-213, 2012.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 269 p.

BARBOSA R.C.R., VECCHIA F. Análise do comportamento térmico de diferentes arranjos urbanos na cidade de Maceió (AL) em escala de abordagem microclimática. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v.1, n.4, p. 1-14, 2009.

BAYCU, G.; TOLUNAY, D.; OZDEN, H.; GUNEBAKAN, S. Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. **Environmental Pollution**, v.143, p.545-554, 2006.

BIONDI, D. **Caracterização do estado nutricional de *Acer negundo* L. e *Tabebuia chrysostricha* (MART, EX DC.) STANDL utilizadas na arborização urbana de Curitiba - PR**. 1995. 146 f. Tese (pós-graduação em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR. 1995.

BROWN, T.C.; BERGSTROM, J.C.; LOOMIS, J.B. Defining, valuing and providing ecosystem goods and services. **Natural Resources Journal**, v.47, p.329-376, 2007.

CHEN, J.; YU, X.; SUN, F.; LUN, X.; FU, Y.; JIA, G.; ZHANG, Z.; LIU, X.; MO, L. BI, H. The Concentrations and Reduction of Airborne Particulate Matter (PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁) at Shelterbelt Site in Beijing. **Atmosphere**, v.6, p.650-676, 2015.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO (DETRAM). **Frota por município, março, 2014**. Disponível em: <http://www.detran.pb.gov.br/index.php/estatisticas/doc_view/515-frota-por-municipio.raw?tmpl=component> Acesso em fevereiro 2016.

ESCOBEDO, F. J.; KROEGER, T.; WAGNER, J. E. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. **Environmental Pollution**, v.159, p.2078-2087, 2011.

ESCOBEDO, F; SEITZ, A. J; ZIPPERER, W. Air Pollution removal and temperature reduction by Gainesville's urban forest. **IFAS Extension**, 2015.

FISHER, B.; TURNER, R. K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, v.68, p.643-653, 2009.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. de C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia** - Revista on line, n.7, v.10, p.94-106, 2003. Disponível em: <www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html>. Acesso em: 06 julho 2014.

GURGEL, E. M. **Qualidade do sombreamento natural de três espécies arbóreas visando ao conforto térmico animal**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Energia na Agricultura), Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse do censo demográfico, 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=11&uf=00>>. Acesso em 2 jun. 2014.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO DE BOGOTÁ (IDU); DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE DE BOGORÁ (DAMA); JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ JOSÉ CELESTINO MUTIS (JBB). **Complemento al Manual Verde**. Bogotá, Colombia, 2002, 48 p.

IRGA, P. J; BURCHETT, M. D; TORPY, F.R. Does urban forestry have a quantitative effect on ambient air quality in an urban environment? **Atmospheric Environment**, v.120, p.173-181, 2015.

JOSHI, P.C.; SWAMI, A. Air pollution induced changes in the photosynthetic pigments of selected plant species. **Journal Environmental Biology**, v.30, n.2, p.295-298, 2009.
KAMPA, M.; CASTANAS, E. Human health effects of air pollution. **Environmental Pollution**. v.151, p.362-367, 2008.

KLUMPP, A.; ANSEL, W.; KLUMPP, G.; FOMIN, A. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.4, p.511-518, 2001.

KRAMER, J. A.; KRUPEK, R. A. Caracterização florística e ecológica da arborização de praças públicas do município de Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, v.36, n.4, p.647-658, 2012.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F. do; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio**, v.4, n.1, 2011.

LACERDA, R. M. A.; LIRA FILHO J.A.; SANTOS, R.V. Indicação de espécies de porte arbóreo para a arborização urbana no semiárido paraibano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.6, n.1, p.51-68, 2011.

LICHTENTHALER, H. K.; AC, A.; MAREK, M.V.; KALINA, J.; URBAN, O. Differences in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.45, p. 577-588, 2007.

LÓPEZ, S. C.; PERELMAN, P. E.; RIVARA, M.; CASTRO, M. A.; FAGGI, A. Características del suelo y concentración de Metales a lo largo de un gradiente de urbanización en buenos aires, Argentina. **Multequina**, v.15, p.69-80, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. v.1, Rio de Janeiro: Nova Odessa; Instituto Plantarum, 384 p. 2008.

LUCENA, J. N.; SOUTO, P. C.; ZEA-CAMAÑO, J. D., SOUTO, J. S.; SOUTO, L. S. Arborização em canteiros centrais na cidade de Patos, Paraíba. **Revista Verde**, v.10, n.4, p.20-26, 2015.

MIGLIAVACCA, D. M. **Estudos dos processos de remoção de poluentes atmosféricos e utilização de bioindicadores na região metropolitana de Porto Alegre, RS**. 2009. 182 p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 486 p.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; ZAMPRONI, K. Valores extremos do índice de conforto térmico nas ruas de Curitiba-PR: comparação entre ambientes arborizados e sem arborização. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.8, n.3, p.52-62, 2013.

MEDEIROS, J. A. Uso da craibeira (*Tabebuia aurea* {manso} benth. & Hook.) na arborização urbana da cidade de São José do Seridó. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** v.15 n.15, p. 2935-2944, 2013.

MELO, R. R.; LIRA FILHO, J. A.; RODOLFO JÚNIOR, F. R. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.2, n.1, p. 64-80, 2007.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystem and human well-being: A framework for assessment**. Island Press, Washington, DC. 2003, 245 p.

MORALES, L. S.; VARÓN, T. P. **Árboles ornamentales en el Valle de Aburrá**: elementos de manejo. Medellín. Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2006. 340 p.

MOREIRA, T.C. L. **Interação da vegetação arbórea e poluição atmosférica na cidade de São Paulo**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quieroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

NOWAK, D. J.; HOEHN, R. E. I; BODINE, A. R.; GREENFIELD, E. J.; ELLIS, A.; ENDRENY, T. A.; YANG, Y.; ZHOU, T.; HENRY, R. **Assessing urban forest effects and values: Toronto’s urban forest**. Resource Bulletin NRS-79. U.S., Forest Service. 2013. 59 p.

NOWAK, D. J; CRANE, D. E; STEVENS, J. C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.4, p.115–123, 2006.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. 2.ed. Curitiba; s. e., 2008. 150 p.

OLIVEIRA, A. K. M.; SCHLEDER, E. D.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.25-32, 2006a.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; LUCIA, R. M. D.; LADEIRA, A. M. M.; CARNEIRO, A. C. O. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.311-318, 2006b.

RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical climates: re-visiting photosynthesis under natural conditions. **Braz. J. Plant Physiology**, v.19, n.4, p.393-411, 2007.

RINCÓN-HENAO, H.D.; ZEA-CAMAÑO, J.D.; PÉREZ-ZABÁLA, L.P. **Árboles nativos y ciudad**: aportes a la silvicultura urbana de Medellín. Medellín: Alcaldía de Medellín-Secretaría del Medio Ambiente de Medellín: Fondo Editorial Jardín Botánico de Medellín, 2011. 206 p.

RODRIGUES, R. A. R.; VAZ, V. C.; SATO, A.; ARRUDA, R. C. O.; CASTRO, W. A. C.; SILVA-MATOS, D. M. Structural leaf changes in trees around a subway air duct. **Revista Árvore**, v.39, n.3, p.417-421, 2015.

RUIZ M. A., CORREA E. M. Adaptive model for outdoor thermal comfort assessment in an Oasis city of arid climate. **Building and Environment**, n.85, p. 40-51, 2015.

SALATA F., GOLASI I., VOLLARO R.L., VOLLARO A.L. Outdoor thermal comfort in the Mediterranean area. A transversal study in Rome, Italy. **Building Environment**, n. 96, p. 46-61, 2016.

SANTIAGO, C. Atmosfera y aire, garantías de un medio ambiente sano en una ciudad sustentable. **Revista Dfensor**, n.3, p.54-57, 2013.

SARAVIA, J.; LEE, G. I.; LOMNICKI, S.; DELLINGER, B.; CORMIER, S. A. Particulate Matter Containing Environmentally Persistent Free Radicals and Adverse Infant Respiratory Health Effects: A Review. **Journal Biochemical and Molecular Toxicology**, v.27, n.1, p.56-68, 2013.

SERRA, M. M. **Avaliação quantitativa dos níveis de chumbo inorgânico em folhas de uma espécie de árvore de grande porte em diversas ruas da cidade de Lisboa e sua correlação com a conhecida toxicidade do metal pesado para o homem**. 2008. 129 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina), Faculdade de Ciências da Saúde Medicina, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2008.

SILVA, M. F. **Avaliação da qualidade do ar utilizando espécies arbóreas na cidade de Patos – PB**. 2011. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), CSTR/UFCEG, Patos - PB. 2011.

SILVA, I. M.; GONZALEZ, L. R.; SILVA FILHO, D. F. Recursos naturais de conforto térmico: um enfoque urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.6, n.4, p. 35-50, 2011.

SIQUEIRA FILHO, J. A.; SANTOS, A. P. B.; NASCIMENTO, M. F. S.; ESPÍRITO SANTO F. S. **Guia de campo de árvores da Caatinga**. Petrolina-PE: Editora e gráfica Franciscana Ltda, 2009. 64 p.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. do; HECKTHEUER, L. H. H. As Clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.748-755, 2005.

SZUMACHER, I.; MALINOWSKA, E. Servicios ecosistémicos urbanos según el modelo de Varsovia. **Revista del CESLA**, n.16, p.84, 2013.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, n.12, p.57–60, 1959.

CAPÍTULO 1

INFLUÊNCIA DO ACÚMULO DE PARTICULADOS ATMOSFÉRICOS EM INDIVÍDUOS DE *Tabebuia aurea* E *Azadirachta indica* PRESENTES NA ARBORIZAÇÃO DE PATOS-PB

(Manuscrito a ser submetido à Revista Floresta e Ambiente)

INFLUÊNCIA DO ACÚMULO DE PARTICULADOS ATMOSFÉRICOS EM INDIVÍDUOS DE *Tabebuia aurea* E *Azadirachta indica* PRESENTES NA ARBORIZAÇÃO DE PATOS-PB.

INFLUENCE OF ATMOSPHERIC PARTICULATE ACCUMULATION IN *Tabebuia aurea* AND *Azadirachta indica* TREES PRESENT IN URBAN FORESTRY PATOS-PB.

RESUMO

A arborização vem modificando a paisagem nas áreas urbanas, promovendo melhorias na estética e na qualidade de vida das pessoas. O presente estudo objetivou avaliar a função bioindicadora e biorremediadora das espécies *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica* na contaminação atmosférica na cidade de Patos-PB. Foram selecionadas árvores localizadas em praças públicas com alto e baixo fluxo veicular. O acúmulo de particulados nas folhas das árvores foi quantificado, além da determinação do teor de Mg, S, Pb, Fe, Cu e Zn nas amostras foliares e no material proveniente da lavagem das folhas, assim como a determinação do teor de clorofila a/b e carotenoides. Foi aplicado o teste t ($p < 0,05$) para comparação das médias obtidas. Os resultados do acúmulo de particulados e as análises químicas mostraram que as espécies estudadas cumprem função biorremediadora da contaminação atmosférica, com destaque para *T. aurea*. Os pigmentos fotossintéticos clorofila a/b, presentes nas folhas de *T. aurea*, apresentam correlação com o acúmulo de particulados por tipo de fluxo veicular.

Palavras-chave: serviços ecossistêmicos, poluição atmosférica, pigmentos fotossintéticos, química foliar, região semiárida

ABSTRACT

Tree planting has been changing urban landscapes by promoting improvement in aesthetics and quality of life. This study aimed to evaluate the bioindicator and bioremediation functions of *Tabebuia aurea* and *Azadirachta indica* tree species, regarding atmospheric pollution in the city of Patos-PB. Trees located in public places with high and low vehicle flow were selected. The accumulation of particulates in the tree leaves was measured, in addition to determining the level of Mg, S, Pb, Fe, Cu and Zn in the leaf samples and in a solution from leaf washing, as well as determining the chlorophyll a/b and carotenoids content. The T test was applied ($p < 0.05$) to compare the averages. The results of the particulate buildup and chemical analysis showed that these species are able to perform bioremediation functions related to air pollution, especially *T. Aurea*. The photosynthetic pigment chlorophyll a/b present in *T. aurea* leaves presents correlation with the particulate accumulation by type of vehicle flow.

Keywords: ecosystem services, air pollution, photosynthetic pigments, foliar chemistry, semiarid region

INTRODUÇÃO

Cidades e grandes centros urbanos são, hoje, o lugar de residência da maioria da população mundial. Essa característica demográfica resulta na transformação de ecossistemas que sofrem severas alterações e traz consigo problemas ambientais, entre os quais tem destaque a concentração de contaminantes atmosféricos que afetam a saúde dos habitantes urbanos (Szumacher e Malinowska, 2013).

A poluição atmosférica é, sem dúvida, um dos fatores urbanos que mais preocupa o governo e os cidadãos. Ela é causada principalmente pela queima de combustíveis fósseis realizada pelos veículos, o que origina a suspensão de partículas compostas por metais pesados e outros elementos tóxicos para a população que está diariamente exposta a eles (Wittenberghe et al., 2013). O efeito nocivo da poluição vai depender do tempo da exposição das pessoas, assim como da composição química e da concentração dos contaminantes (Alves et al., 2015).

A bioindicação, entendida como as respostas de um organismo vivo a fatores externos, como a contaminação ambiental, permite entender como as características fisiológicas, bioquímicas e anatômicas das árvores em ambientes urbanos, fora do padrão natural, podem ser usadas na avaliação da qualidade do ar (Maioli et al., 2008). Em tal sentido, a concentração de pigmentos fotossintéticos nas plantas é considerada indicador das propriedades nos seus processos fisiológicos, de tal modo que a determinação de parâmetros bioquímicos foliares, como a clorofila e os carotenoides, em árvores urbanas, fornecem informações que podem auxiliar o diagnóstico da contaminação atmosférica (Pompelli et al., 2013; Joshi e Swami, 2009).

Parte das funções dos ecossistemas urbanos pode ser mantida para melhorar a qualidade de vida da população, mediante o fornecimento de serviços ecossistêmicos, como a regulação da qualidade do ar. Nesse sentido, a vegetação representa um potencial para manter e/ou restaurar condições ambientais de habilidade nas áreas urbanas (Gómez-Baggethun e Barton, 2013; Pimienta-Barrios et al., 2012).

A arborização ganha cada vez mais importância no âmbito do planejamento urbano à medida que novos estudos comprovam sua função fitoremediadora e bioindicadora da qualidade ambiental, originando ações de promoção e plantio de árvores, especialmente de espécies nativas, como parte fundamental da infraestrutura das cidades (Alcalá et al., 2008).

O presente estudo objetivou caracterizar o acúmulo de particulados pela folhagem e sua influência nos pigmentos fotossintéticos em árvores das espécies *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*, localizadas em praças públicas, na cidade de Patos-PB.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Patos-PB, situada na mesorregião Sertão Paraibano, localizada entre as coordenadas geográficas 07°01'32" de Latitude Sul e 37°16'40" de Longitude Oeste, com altitude média de 250 m. O município de Patos, na Paraíba, caracteriza-se pelas altas temperaturas e pelos baixos índices pluviométricos. De acordo com a classificação de Köppen (1996), o clima é do tipo BSh, quente e seco, com temperatura máxima de 38°C (Melo et al., 2007; Silva, 2011; Lucena et al., 2015).

Segundo dados do IBGE (2010), a cidade de Patos apresenta uma extensão territorial de 473,1 km² e uma população de aproximadamente 100.674 habitantes, com área urbana de 5,11 km², ocupada por o 96,63% dos moradores. Em fevereiro de 2016, a cidade registra frota de 24.235 veículos e 18.611 motocicletas (Detran, 2016), além daqueles automotores pertencentes às pessoas que chegam à cidade procurando bens e serviços, principalmente de educação, comércio e saúde.

A arborização, na área urbana, segundo Melo et al. (2007) e Sousa (2014), apresenta cerca de 20 espécies, com proporção equilibrada entre nativas e exóticas. No levantamento do presente estudo, foram registradas, nas praças, cerca de 30 espécies, entre árvores, arbustos e palmeiras.

Seleção dos locais de coleta

A coleta de dados da pesquisa foi realizada entre outubro e novembro de 2015, em dez praças, sendo cinco delas localizadas no centro da cidade e próximas a áreas de alto fluxo veicular, e as outras cinco, situadas em bairros afastados do centro, sendo áreas com baixo fluxo veicular, cujos nomes e coordenadas geográficas encontram-se descritas na Tabela 1. A medição do fluxo veicular foi feita de maneira simultânea no dia 27 de maio de 2014, no período de 11:30h às 12:30h, quando foram contabilizados todos os veículos que passaram pelo entorno das praças, conforme metodologia adotada por Silva (2011) que contabilizou, em

média, 802 veículos/hora, realizando amostragem em horário semelhante na cidade de Patos-PB.

Tabela 1. Identificação das praças públicas selecionadas para o estudo e sua localização
Table 1. Identification of public squares selected for the study and its location

Tipo de fluxo	Nome da praça	Localização	Latitude	Longitude
Alto	Vereador Cícero Sulpino	Bairro Centro	07° 1'43.42"S	37°16'53.29"O
	Edivaldo Motta	Bairro Centro	07° 1'48.76"S	37°16'31.70"O
	Getúlio Vargas	Bairro Centro	07° 1'27.71"S	37°16'39.07"O
	Miguel Sátyro	Bairro Centro	07° 1'22.47"S	37°16'34.86"O
	Alcides Carneiro	Bairro Belo Horizonte	07° 1'4.85"S	37°17'0.16"O
Baixo	Vereador Joaquim Leitão de Araújo	Bairro Jardim Queiroz	07° 1'20.48"S	37°16'54.66"O
	Fórum Bivar Olyntho	Bairro Brasília	07° 1'30.68"S	37°16'11.08"O
	Dom Expedito Eduardo de Oliveira	Bairro São Sebastião	07° 1'7.68"S	37°16'20.19"O
	Joaquim Araújo de Melo	Bairro Noé Trajano	07° 0'34.64"S	37°17'18.42"O
	Herculano Rodrigues de Oliveira	Bairro Salgadinho	07° 1'26.12"S	37°15'48.09"O

Quantidade e composição química do material particulado depositado nas folhas das árvores

Foram selecionados 21 indivíduos de cada uma das espécies *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore e *Azadirachta indica* A. Juss. no conjunto das praças de alto fluxo. Nas praças de baixo fluxo, foram relacionados de seis a 13 indivíduos, respectivamente, para cada espécie. O número de indivíduos definidos nessa última categoria deve-se à limitada quantidade de árvores presentes nas praças.

Em cada árvore, foi feita a coleta de aproximadamente 100 g de folhas à altura do terço médio dos indivíduos, tanto do lado mais próximo da calçada como do lado oposto, adaptando o método empregado por Silva (2011). As folhas foram armazenadas em sacolas plásticas, devidamente identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)/Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), em Patos-PB.

Para a quantificação dos particulados depositados nas folhas das árvores, foi adaptada a metodologia de Durán-Rivera e Alzáte-Guarín (2009) e Vieco-Zapata (2014), consistindo em fazer lavagem de uma porção do material coletado com água destilada em béqueres de 500 ml, onde foram lavadas, em média, nove folhas, dependendo do tamanho dos folíolos, até

completar seu volume. Essa vidraria que já se encontrava seca à temperatura ambiente e devidamente identificada e pesada em balança eletrônica de quatro dígitos, após a lavagem das folhas para a retirada dos contaminantes, foi encaminhada à estufa a 110 °C, durante 72 horas. Após esse período, cada béquer, completamente seco, foi retirado da estufa e colocado em repouso até atingir a temperatura ambiente, depois foram novamente pesados, estabelecendo, por diferença, a quantidade de particulados retidos, em miligramas.

Para a estimativa da quantidade de particulados retidos por unidade de área foliar, no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da UFCG/ CSTR, em Patos-PB, as folhas das espécies estudadas foram lavadas e distribuídas em superfície plana, de forma estendida, para secagem ao ar, sendo, posteriormente, os folíolos fotografados sobre papel branco, com régua milimétrica, para calibrar a escala. A partir das fotos, foi estimada a área foliar, usando-se o software livre imageJ®. Desse modo, foi obtida a relação de retenção de particulados em microgramas cm⁻².

Ao material particulado retido no fundo dos béqueres, foram adicionados, para sua remoção, 30 ml de água destilada, sendo este armazenado em frascos plásticos hermeticamente fechados, que foram identificados e guardados em geladeira para posterior análise da solução no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Semiárido (Petrolina-PE), onde foram analisados os teores de magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), chumbo (Pb) e Zinco (Zn), sendo a presença desses elementos relacionada com a queima de combustíveis fósseis pelos veículos (Cadle et al., 1997; Maher et al., 2008). No laboratório, o volume dos potes foi homogeneizado, e a determinação do teor de cada elemento na solução foi feita por espectrofotômetro de absorção atômica.

Para a determinação dos elementos químicos na folhagem de cada árvore, usaram-se 50 g de folhas, que foram lavadas em água corrente e, depois, com água destilada. Em seguida, as folhas foram secas ao ar sobre uma superfície plana do laboratório, sendo destacados seus folíolos, acondicionados em sacos de papel devidamente identificados e encaminhados para estufa a 65 °C, durante 72 horas, seguindo-se o procedimento empregado por Silva (2011). Após a secagem, o material vegetal foi moído, acondicionado em potes hermeticamente fechados e identificados. Em seguida, foram encaminhados ao Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Embrapa Semiárido (Petrolina-PE) para a quantificação dos teores dos nutrientes S, Mg, Cu, Fe, Zn e Pb. Assim, 500 mg de cada planta foram pesadas em balança analítica, com precisão de 0,0001g, para realizar a digestão nítrico-perclórica segundo o método descrito em Tedesco et al. (1995), para posteriores determinações turbidimétricas para o enxofre (S) e por espectrometria de absorção atômica para os demais elementos.

Estimativa dos pigmentos fotossintéticos

Para a determinação dos teores de pigmentos fotossintéticos, como as clorofilas *a/b* e carotenoides, nos indivíduos selecionados, coletaram-se, aproximadamente, 50 g de folhas à altura do terço médio dos indivíduos, seguindo-se o método empregado por Silva (2011). As folhas foram armazenadas em sacolas de polietileno, devidamente identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Fisiologia Vegetal da UFCG/CSTR, *campus* de Patos.

De cada amostra, foram selecionadas aleatoriamente 10 folhas e, de cada folha, um folíolo, e, com auxílio de tesoura, foram picados em pequenas partes. Em seguida, foram retirados 0,250 g de matéria fresca de folhas, sendo estas processadas segundo o método de Lichtenthaler e Buschmann (2001), que consiste em macerar o material em um gral contendo 10 ml de acetona a 80%. Após esse procedimento, adicionou-se novamente acetona a 80% até completar 12 ml, compensando assim as perdas por evaporação. Usando tubos de ensaio devidamente identificados, as amostras foram centrifugadas durante cinco minutos, sendo coletado o sobrenadante em tubos de Falcon e, em seguida, realizadas as leituras em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 663,2 nm, 646,8 nm e 470 nm, para determinar os teores de clorofilas *a/b*, bem como dos carotenoides. Os valores obtidos foram substituídos nas seguintes fórmulas expressando as unidades em microgramas por mililitro de solução ($\mu\text{g ml}^{-1}$), que logo foram convertidas a miligramas por grama de matéria fresca (mg g^{-1} MF).

$$\text{Clorofila } a \text{ } (\mu\text{g/ml}) = 12,25 A_{663,2} - 2,79 A_{646,8}$$

$$\text{Clorofila } b \text{ } (\mu\text{g/ml}) = 21,50 A_{646,8} - 5,10 A_{663,2}$$

$$\text{Carotenoides (x+c)} \text{ } (\mu\text{g/ml}) = (1000 A_{470} - 1,82 \text{ Clo } a - 85,02 \text{ Clo } b) / 198$$

Onde, A = absorção no respectivo comprimento de onda; Clo = clorofila.

Análise dos dados

Para análise dos dados obtidos no presente estudo, foi utilizado o teste t normal ($p < 0,05$) para comparação de médias supondo variâncias iguais. Para a determinação das interações entre os diferentes parâmetros estudados, foi feita análise de correlação de Pearson. O processamento dos dados e as análises estatísticas foram feitos com auxílio do programa Microsoft Office Excel 2013®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Retenção de particulados em folhas de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*

Na análise dos particulados atmosféricos depositados nas folhas das árvores localizadas nas praças de Patos-PB, observa-se, na Tabela 2, que houve diferença ($p < 0,05$) entre as espécies para o acúmulo total de particulados, destacando -se que, nas praças de baixo fluxo, a espécie *T. aurea* apresenta um valor de retenção de particulados ($66,37 \mu\text{g cm}^{-2}$) superior à espécie *Azadirachta indica* ($25,77 \mu\text{g cm}^{-2}$).

Tabela 2. Comparação de médias do acúmulo de particulados em folhas de árvores de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*, localizadas em praças com diferente fluxo veicular, na cidade de Patos-PB

Table 2. Comparison of averages of particulate accumulation in leaves of *Tabebuia aurea* and *Azadirachta indica* trees located in squares with different vehicular flow in the city of Patos-PB

Fluxo	Acúmulo em <i>T. aurea</i> ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Acúmulo em <i>A. indica</i> ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	Acúmulo total de particulados x fluxo ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	CV (%)
Alto	29,45 bA	27,98 aA	28,71 b	30,71
Baixo	66,37 aA	25,77 aB	38,59 a	55,81
Acúmulo total de particulados x espécie ($\mu\text{g cm}^{-2}$)	37,65 A	27,13 B		
CV (%)	46,81	35,55		

CV: Coeficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de t para duas amostras supondo variâncias iguais a 5% de probabilidade

Este resultado deve-se provavelmente à existência de ruas sem calçamento nas proximidades dessas praças e pela ação do vento, que promove a suspensão de partículas que vão sendo depositadas na folhagem das árvores; além disso, o elevado porte dos indivíduos da espécie *T. aurea* atua como barreira, retendo maior quantidade de particulados. Esta situação também ocorre na análise do acúmulo total de particulados por tipo de fluxo, em que houve diferença ($p < 0,05$) entre os resultados do conjunto de árvores localizadas em praças de baixo fluxo ($38,59 \mu\text{g cm}^{-2}$) e aquelas situadas em praças de alto fluxo ($28,62 \mu\text{g cm}^{-2}$). Dentro da espécie *T. aurea*, também foi observada diferença significativa entre os tipos de fluxo, com acúmulo de particulados em praças de baixo fluxo, superando os valores das praças de alto fluxo em 125,37%.

Em estudo similar realizado na cidade de Medellín na Colômbia, após um mês de monitoramento, Vieco-Zapata (2014) encontrou valores médios de retenção de particulados de $28,43 \mu\text{g cm}^{-2}$; $15,43 \mu\text{g cm}^{-2}$ e $29,79 \mu\text{g cm}^{-2}$ para as espécies *Pithecellobium dulce*,

Bauhinia picta e *Tabebuia chrysantha*, respectivamente, valores estes semelhantes aos obtidos no presente estudo, com $37,65 \mu\text{g cm}^{-2}$ para *T. aurea* e $27,13 \mu\text{g cm}^{-2}$ para *A. indica*.

Nesse contexto, Escobedo e Chacalo (2008), estudando a contribuição da arborização na descontaminação atmosférica no México D.F., relataram que a redução de 1% em O_3 e no material particulado com diâmetro $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) permitiria economizar cerca de U\$ 10 milhões, representados em 3329 consultas médicas e 419 ingressos no hospital por complicações respiratórias.

A captura do material particulado pela vegetação depende de vários fatores como o tipo e concentração de particulados, as variáveis climáticas, o tamanho e posição das árvores, o seu ambiente e vários fatores morfológicos inerentes a cada espécie (Alcalá et al., 2011). No caso da captura de particulados através das folhas, a capacidade de retenção depende principalmente de suas características, como o tamanho, consistência, pilosidade, rugosidade, densidade, entre outras.

Durán-Rivera e Alzáte-Guarín (2009), estudando, durante dois meses, as árvores de cinco espécies localizadas sob o viaduto do Metrô de Medellín (Colômbia), encontraram uma alta correlação entre o acúmulo de particulados na folhagem e o comprimento da folha (0,819), como também com a largura x comprimento (0,652) e o peso seco das mesmas (0,710). Os autores relatam que folhas com superfície plana e rígida favorecem a deposição dos particulados que são trazidos pelas correntes de ar. Diante do exposto, pode-se afirmar que, no presente estudo, a espécie *T. aurea*, por apresentar morfologia foliar de consistência coreácea e folíolos com dimensões maiores que a espécie *A. indica*, caracteriza-se como mais eficiente na captura de material particulado do ambiente urbano.

De acordo com o exposto pelos supracitados autores, sugere-se que espécies nativas que se destacam em acumular particulados na sua folhagem, como *T. aurea*, devem ser consideradas no planejamento da arborização e implantadas em locais de maior concentração de poluentes atmosféricos, como o centro da cidade. No entanto, é importante monitorar a sanidade das árvores porque, ao cumprem essa função, elas ficam expostas aos efeitos tóxicos que podem interferir na fisiologia, principalmente no mecanismo fotossintético, afetando o crescimento e sanidade, conforme foi demonstrado por Krishnaveni e Lavanya K (2014) para 12 espécies tropicais, incluindo *A. indica*, em estudo realizado na Índia.

Análise química foliar e de particulados depositados nas folhas de espécies arbóreas utilizadas na arborização

Quanto aos teores médios de magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), chumbo (Pb) e zinco (Zn) nas folhas de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*, observam-se os registros entre espécies e tipo de fluxo veicular na tabela 3.

Tabela 3. Teores médios de elementos químicos em folhas de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*, localizadas em praças com diferente fluxo veicular, na cidade de Patos-PB

Table 3. Average of chemical elements content in leaves of *Tabebuia aurea* and *Azadirachta indica* species located in squares with different vehicular flow in the city of Patos-PB

Descrição	<i>T. aurea</i>	<i>A. indica</i>	Total por fluxo	CV (%)	<i>T. aurea</i>	<i>A. indica</i>	Total por fluxo	CV (%)
	Mg (g kg ⁻¹)				S (g kg ⁻¹)			
Alto fluxo	2,02 bA	1,75 aB	1,89 b	15,91	1,76 aA	0,87 aB	1,31 a	43,11
Baixo fluxo	2,51 aA	1,91 aB	2,10 a	29,51	1,54 aA	1,02 aA	1,19 a	48,35
Total por espécie	2,13 A	1,81 B			1,71 A	0,93 B		
CV (%)	22,64	18,52			23,41	45,24		
	Fe (mg kg ⁻¹)				Pb (mg kg ⁻¹)			
Alto fluxo	86,00 bA	74,21 aA	80,11 a	27,34	1,93 aA	0,90 aB	1,42 a	68,21
Baixo fluxo	109,75 aA	76,90 aB	87,27 a	31,75	1,88 aA	1,08 aA	1,34 a	70,28
Total por espécie	91,28 A	75,24 B			1,92 A	0,97 B		
CV (%)	24,11	30,77			52,18	68,49		
	Cu (mg kg ⁻¹)				Zn (mg kg ⁻¹)			
Alto fluxo	5,98 aA	4,67 aA	5,32 a	53,76	17,29 aA	10,27 aB	13,78 a	35,35
Baixo fluxo	5,84 aA	4,87 aA	5,17 a	26,76	19,61 aA	11,59 aB	14,12 a	36,17
Total por espécie	5,94 A	4,74 A			17,80 A	10,78 B		
CV (%)	58,89	20,12			17,11	34,64		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de t para duas amostras, supondo variâncias iguais a 5% de probabilidade

De acordo com os resultados, entre as espécies, nas praças de alto fluxo, o conjunto de árvores da espécie *T. aurea* apresenta-se teor médio superior ($p < 0,05$) para Mg (2,02 g kg⁻¹), S (1,76 g kg⁻¹), Pb (1,93 mg kg⁻¹) e Zn (17,29 mg kg⁻¹) quando comparados com os resultados da espécie *A. indica*; já para os elementos Cu e Fe, não houve diferença significativa. Nas praças de baixo fluxo, os indivíduos de *T. aurea* apresentam valores significativamente superiores para Mg, Fe e Zn, quando comparados com *A. indica*, e essa tendência se mantém nos elementos restantes.

Ao se comparar por espécie e tipo de fluxo, observa-se ainda, na Tabela 3, que indivíduos *T. aurea* localizados em praças com alto fluxo veicular apresentam teores médios de Mg e Fe ($2,02 \text{ g kg}^{-1}$ e $86,00 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente), estatisticamente diferentes dos resultados obtidos nos indivíduos localizados em praças de baixo fluxo ($2,51 \text{ g kg}^{-1}$ e $109,75 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente). Nos elementos restantes, não houve diferença ($p < 0,05$). No caso de *A. indica*, não houve diferença ($p < 0,05$) dos teores entre o tipo de fluxo, porém observa-se uma leve tendência de teores mais elevados em indivíduos localizados em praças com baixo fluxo veicular.

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, as espécies *T. aurea* e *A. indica* possuem a capacidade de exercer função de fitoremediação de contaminantes atmosféricos. Metais pesados como Pb, Cu, Fe e Zn, já estudados, possuem padrões de comportamento e mobilidade diferente dentro das árvores e geralmente são absorvidos através dos tecidos folhares após deposição na superfície. Após incorporação nos tecidos da planta, Pb e Cu têm tendência de serem fixados na raiz, entretanto Zn e Fe são facilmente localizados na parte aérea, em forma não tóxica (Alcalá et al. 2013, Alcalá et al., 2008, Baycu et al., 2006).

Em estudo de biomonitoramento sobre a composição química foliar de árvores localizadas em avenidas principais da cidade de Patos-PB e em área controle na zona rural, Silva (2011) encontrou teor médio de $16,4 \text{ mg kg}^{-1}$ e $0,8 \text{ g kg}^{-1}$ para Zn e S, respectivamente, em árvores de *T. aurea* localizadas na área controle, e $12,0 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn e $0,9 \text{ g kg}^{-1}$ de S para um único indivíduo localizado no centro da cidade de Patos-PB, sendo todos os valores menores quando comparados com os encontrados no presente estudo ($17,80 \text{ mg kg}^{-1}$ e $1,71 \text{ g kg}^{-1}$ para Zn e S, respectivamente).

Em relação ao Zn em espécies arbóreas, Puga et al. (2006), em estudo realizado nas proximidades de uma barragem de rejeitos localizada no município de San Francisco del Oro, no sul do estado de Chihuahua (México), registraram teor médio de $120,75 \text{ mg kg}^{-1}$ nas folhas das árvores, valor este muito superior ao obtido no presente estudo para *T. aurea* ($17,80 \text{ mg kg}^{-1}$) e *A. indica* ($17,80 \text{ mg kg}^{-1}$). Os supracitados autores destacam que as espécies estudadas não registram evidência de danos físicos e metabólicos, demonstrando sua capacidade de absorção e adaptação às altas concentrações de Zn no ambiente. Nas áreas urbanas, Machado et al. (2008) salientam que a presença de Zn está associada principalmente com as emissões feitas pelos veículos, e altas concentrações desse elemento podem causar danos à saúde da população.

A presença de alguns elementos químicos nas folhas das espécies arbóreas estudadas pode não estar estritamente relacionada com contaminantes atmosféricos. Diante do exposto, o Fe, catalogado como metal pesado e cuja presença na atmosfera de áreas urbanas se relaciona principalmente com o tráfego veicular (Moreno et al., 2008), é, ao mesmo tempo, um elemento essencial para as plantas que precisam de pequenas quantidades para seu desenvolvimento (Prieto-Méndez et al., 2009; Potafos, 1996).

Prause e Fernández-López (2012), estudando a variação sazonal de micronutrientes em quatro espécies arbóreas na Reserva Natural Estricta de Colonia Benítez, localizada em Chaco (Argentina), encontraram teor médio de Fe variando entre 45,3 mg kg⁻¹ e 75,2 mg kg⁻¹, segundo a espécie. Os autores relatam que, na maioria das árvores adultas, o teor médio de Fe varia de 50-250 mg kg⁻¹. De forma semelhante, Silva (2011) encontrou teor médio para Fe de 113 mg kg⁻¹ na área de controle localizada na zona rural de Patos-PB. Comparando-se esses resultados com o teor médio de Fe apresentado no presente estudo para *T. aurea* (91,28 mg kg⁻¹) e *A.indica* (75,24 mg kg⁻¹), observa-se que há similaridade, estando todos os valores dentro do mencionado intervalo portanto os dados obtidos, não são suficientes para atribuir a presença do Fe nas árvores das praças de Patos-PB à contaminação atmosférica.

Na análise dos resultados obtidos para Mg, no presente estudo, observa-se ainda, na Tabela 3, que os teores obtidos para *T. aurea* e *A.indica* (2,13 g kg⁻¹ e 1,81 g kg⁻¹, respectivamente) são semelhantes quando comparados com os obtidos por Alcalá et al. (2009) em folhas de cinco espécies arbóreas, na cidade de Chihuahua (México), em área residencial popular, na estação da primavera (1,450±0,165 g kg⁻¹) e no outono (2,337±0,165 g kg⁻¹). O elemento Mg é um componente do óleo para motores (Cadle et al., 1997), sendo também um macronutriente muito importante para as plantas porque ocupa o centro da molécula clorofila, além de ser essencial na fotossíntese (Barroso, 2013; Neto et al., 2007). Portanto, sua relação com o acúmulo de particulados deve ser analisada com mais profundidade em estudos futuros.

Ao se analisarem os teores médios de Mg, Cu, Pb e Zn na solução proveniente da lavagem das folhas (tabela 4), observa-se que os valores obtidos para *T. aurea* diferiram significativamente ($p < 0,05$) quando comparados com os valores obtidos para a espécie *A. indica*, exceto para os elementos S e Fe.

Tabela 4. Teores médios de elementos químicos na solução proveniente da lavagem de folhas de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*, localizadas em praças com diferente fluxo veicular, na cidade de Patos-PB

Table 4. Average of chemical elements content in the solution from washing leaf of *Tabebuia aurea* and *Azadirachta indica* located in squares with different vehicular flow in the city of Patos-PB

Descrição	<i>T. aurea</i>	<i>A. indica</i>	Total por fluxo	CV (%)	<i>T. aurea</i>	<i>A. indica</i>	Total por fluxo	CV (%)
		Mg (g kg ⁻¹)				S (g kg ⁻¹)		
Alto fluxo	0,022 bA	0,000 bB	0,011 b	153,14	0,011 aA	0,039 aA	0,025 a	191,58
Baixo fluxo	0,127 aA	0,032 aB	0,062 a	145,67	0,040 aA	0,044 aA	0,043 a	195,45
Total por espécie	0,046 A	0,012 B			0,0178 A	0,041 A		
CV (%)	126,59	423,26			262,60	170,36		
		Fe (mg kg ⁻¹)				Pb (mg kg ⁻¹)		
Alto fluxo	1,908 aA	1,997 aA	1,952 a	72,87	5,184 aA	1,575 bB	3,379 a	64,38
Baixo fluxo	2,735 aA	1,802 aA	2,097 a	68,84	5,895 aA	3,017 aA	3,926 a	84,27
Total por espécie	2,091 A	1,923 A			5,342 A	2,126 B		
CV (%)	83,66	57,79			27,17	111,24		
		Cu (mg kg ⁻¹)				Zn (mg kg ⁻¹)		
Alto fluxo	1,243 aA	0,723 aB	0,983 a	47,99	1,725 bA	0,330 aB	1,028 a	72,22
Baixo fluxo	0,965 aA	0,735 aA	0,807 a	102,38	2,823 aA	0,882 aB	1,495 a	113,07
Total por espécie	1,181 A	0,728 B			1,969 A	0,541 B		
CV (%)	46,81	78,57			35,78	185,59		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de t para duas amostras, supondo variâncias iguais a 5% de probabilidade

Os indivíduos de *T. aurea* localizados em praças de alto fluxo apresentam teores médios superiores ($p < 0,05$) para Mg (0,022 g kg⁻¹), Pb (5,184 mg kg⁻¹), Cu (1,243 g kg⁻¹) e Zn (1,725 mg kg⁻¹) quando comparados com os teores obtidos em indivíduos da espécie *A. indica* (0,000 g kg⁻¹, 1,575 mg kg⁻¹, 0,723 mg kg⁻¹ e 0,330 mg kg⁻¹, respetivamente); já no caso de S e Fe, não houve diferença estatística. Os indivíduos da espécie *T. aurea* localizados praças de baixo fluxo apresentam teor médio de Mg e Zn superior ($p < 0,05$) aos indivíduos da espécie *A. indica*.

Quanto ao Pb, observa-se que os teores na solução proveniente da lavagem das folhas (Tabela 4) diferiram entre as espécies, com destaque para *T. aurea*, que acumulou 60,2% a mais que o valor obtido para *A. indica*. Mesmo comportamento ocorreu com os teores de Pb nos tecidos foliares (Tabela 3) em que os valores obtidos para *T. aurea* foram 49,5% superiores a *A. indica*. Assim, ao se compararem os dados das Tabelas 3 e 4, pode-se inferir

que o Pb é um elemento mais retido no limbo foliar do que absorvido no tecido foliar, porém com destaque para *T. aurea*.

Na análise química por espécie, observa-se ainda, na Tabela 4, que, entre os indivíduos de *T. aurea*, foram verificadas diferenças significativas ($p < 0,05$) em função de fluxo veicular apenas para Mg e Zn, obtendo-se maiores valores nos locais de baixo fluxo veicular. Quanto à espécie *A. indica*, essa diferença significativa ($p < 0,05$) ficou com Mg e Pb com os maiores teores, também encontrados nos locais de baixo fluxo de veículos.

Ao avaliar o teor de Fe na solução proveniente da lavagem das folhas de *T. aurea* e *A. indica* (Tabela 4), observa-se que os valores são baixos quando comparados com os encontrados na análise química foliar das mesmas espécies (Tabela 3). Os resultados registrados na referida Tabela 4 permitem confirmar a presença Fe e demais elementos (Mg, S, Cu, Pb e Zn) como parte dos contaminantes atmosféricos na cidade de Patos-PB. Em estudo semelhante, realizado por Reissmann e Biondi (1995), avaliando o conteúdo de Fe em folhas de *Lafoensia pacari* na cidade de Curitiba-PR, os autores encontraram que a análise de este elemento foi um bom indicador da poluição urbana por particulados.

A avaliação da contaminação causada por metais pesados (Pb, Cu, Zn e Fe), no caso do presente estudo, permite conhecer a capacidade bioindicativa e fitorremediadora das espécies vegetais (Alcalá et al., 2013; Alcalá et al., 2008). A função fitorremediadora em cada espécie depende de sua tolerância frente à concentração de cada elemento químico e da eficiência na translocação dos metais para os diferentes órgãos da planta (Marques et al., 2011). No caso das espécies estudadas, a *T. aurea* demonstrou melhores resultados na fitorremediação do que *A. indica*.

Na Tabela 5, encontra-se a análise de correlação entre a química foliar de *T. aurea* e *A. indica*, localizadas em praças com diferente fluxo veicular, e seu equivalente encontrado na solução proveniente da lavagem das folhas e observa-se baixa correlação entre a maioria dos elementos, com exceção do Mg e Zn em *A. indica*.

Tabela 5. Correlação entre elementos químicos encontrados nas folhas de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*, localizadas em praças com diferente fluxo veicular e seu equivalente encontrado na solução proveniente da lavagem das folhas

Table 5. Correlation between chemical elements in the leaves of *Tabebuia aurea* and *Azadirachta indica* located in squares with different vehicle flow and its equivalent in the solution from washing the leaves

Folhas	Mg	S	Cu	Fe	Pb	Zn
Solução da lavagem						
<i>Tabebuia aurea</i>						
Mg	0,26					
S		-0,31				
Cu			-0,13			
Fe				0,13		
Pb					0,20	
Zn						0,33
<i>Azadirachta indica</i>						
Mg	0,68					
S		0,09				
Cu			0,17			
Fe				-0,04		
Pb					-0,12	
Zn						0,49

Os resultados anteriores evidenciam, de forma geral, que não foi detectada correlação entre o teor dos contaminantes químicos localizados nos tecidos das folhas de *T. aurea* e *A. indica* e aqueles depositados na superfície da sua folhagem.

Baycu et al. (2006), ao avaliarem a acumulação de contaminantes em folhas de sete espécies arbóreas, em Istanbul (Turquia), atribuem as diferenças encontradas às variações nas respostas ecofisiológicas de cada planta, assim como a variabilidade nas características do solo em que foram implantadas. No presente estudo, as variações encontradas podem estar relacionadas com fatores climáticos como o vento, a ação antrópica através de podas, como também a localização dos indivíduos no ambiente urbano.

Diante do exposto, devem-se começar a adotar medidas para a mitigação dos contaminantes atmosféricos no centro da cidade de Patos-PB e em áreas com alto tráfego veicular. Nesse sentido, Wang et al. (2014) e Moraes e Machado (2014) salientam que a arborização, devidamente planejada e implantada, além de cumprir funções estéticas e paisagísticas, fornece múltiplos serviços ecossistêmicos, que podem ser maximizados mediante a utilização de espécies nativas.

Influência da deposição de particulados nos pigmentos fotossintéticos

Na análise dos pigmentos fotossintéticos em árvores de *T. aurea* e *A. indica*, localizadas nas praças com diferente fluxo veicular, pode-se observar, na Tabela 6, que o conjunto de indivíduos da espécie *A. indica* apresenta teor médio total de clorofila **a** (0,1562 mg g⁻¹ MF) e clorofila **b** (0,0638 mg g⁻¹ MF), superior ($p < 0,05$) aos resultados obtidos para a espécie *T. aurea*. Em relação aos carotenoides, ocorreu o contrário.

Tabela 6. Teores médios de pigmentos fotossintéticos em folhas de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*, localizadas em praças com diferente fluxo veicular, na cidade de Patos-PB

Table 6. Average levels of photosynthetic pigments in leaves of *Tabebuia aurea* and *Azadirachta indica* located in squares with different vehicular flow in the city of Patos-PB

Espécie	Fluxo	<i>T. aurea</i>	<i>A. indica</i>	Total por fluxo	CV (%)
Clorofila a (mg g ⁻¹ MF)					
	Alto	0,0636 aB	0,1716 aA	0,1176 a	56,94
	Baixo	0,0766 aB	0,1314 bA	0,1141 a	34,87
Total por espécie		0,0665 B	0,1562 A		
CV (%)		27,29	32,05		
Clorofila b (mg g ⁻¹ MF)					
	Alto	0,0248 bB	0,0650 aA	0,0449 a	54,21
	Baixo	0,0319 aB	0,0619 aA	0,0525 a	34,79
Total por espécie		0,0264 B	0,0638 A		
CV (%)		29,62	24,85		
Carotenoides (mg g ⁻¹ MF)					
	Alto	0,0168 aA	0,0081 aB	0,0124 a	53,48
	Baixo	0,0172 aA	0,0089 aB	0,0115 a	45,39
Total por espécie		0,0169 A	0,0084 B		
CV (%)		8,47	71,14		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de t para duas amostras, supondo variâncias iguais a 5% de probabilidade

Ao se analisarem os resultados por espécie e tipo de fluxo, verifica-se, na Tabela 6 que o teor médio de clorofila **b** para o conjunto de árvores da espécie *Tabebuia aurea*, localizadas em praças de alto fluxo veicular, foi inferior àquelas localizadas em praças de baixo fluxo (0,0319 mg g⁻¹ MF), diferindo estatisticamente. No caso da clorofila **a** e aos carotenoides, não houve diferença ($p < 0,05$), mas uma tendência de manutenção do resultado. De acordo com os resultados, pode-se inferir que, na espécie *T. aurea*, o teor dos pigmentos fotossintéticos constitui-se um bom indicador da contaminação atmosférica por acúmulo de particulados associados com o tráfego veicular.

Na espécie de *A. indica*, pode-se observar que os indivíduos localizados em locais de alto fluxo veicular apresentaram teor médio de clorofila **a** (0,1716 mg g⁻¹ MF) superior às localizadas em locais com baixo fluxo (0,1314 mg g⁻¹ MF), o que foi surpreendente. Essa situação deve-se, provavelmente, ao fato de que essas árvores são submetidas a frequentes podas geométricas para controlar o seu crescimento, e isso propicia uma renovação contínua da folhagem que pode dar origem à denominada fotossíntese compensatória, que representa um aumento na taxa fotossintética pelas folhas remanescentes e folhas de rebrote da planta (Bartolini, 2004; Richards, 1993), fato que parece estar relacionado a uma alteração no balanço hormonal da planta, após o corte (Martins, 1999).

Ressalta-se, nas Tabelas 2, 3 e 4, que o coeficiente de variação para as médias dos totais é geralmente acima de 30%, sendo considerado elevado quando comparado com outro tipo de pesquisas. No entanto, em trabalhos semelhantes sobre a análise da poluição atmosférica envolvendo árvores em ambientes urbanos (Moreira, 2010; Migliavacca, 2009; Dalmaso et al., 1997; Williams et al., 1971), tem sido reportada essa mesma situação, que pode estar relacionada com o fato de que, em pesquisas sobre arborização urbana *in situ*, dificilmente se tem controle local, por causa das alterações antrópicas.

Ao se analisar a influência do material particulado nos pigmentos fotossintéticos (Tabela 7), pode-se observar que, para a espécie *T. aurea*, houve correlação positiva entre o acúmulo de particulados e o teor dos pigmentos fotossintéticos, sendo mais evidente nas praças de alto fluxo, tanto na clorofila **a** (0,385) como na clorofila **b** (0,392). Essa correlação não foi detectada para a espécie *A. indica*.

Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson entre o acúmulo de particulados e os teores médios de pigmentos fotossintéticos em folhas de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*, localizadas em praças com diferente fluxo veicular, na cidade de Patos-PB

Table 7. Pearson correlation coefficients between the particulate accumulation and average levels of photosynthetic pigments in leaves of *Tabebuia aurea* and *Azadirachta indica* located in squares with different vehicular flow in the city of Patos-PB

	Fluxo	Clorofila a	Clorofila b	Carotenoides
		<i>Tabebuia aurea</i>		
	Baixo	-0,485	-0,345	0,491
	Alto	0,385	0,392	0,292
	Total	0,307	0,395	0,235
Particulados		<i>Azadirachta indica</i>		
	Baixo	-0,068	0,254	-0,220
	Alto	-0,158	0,033	-0,023
	Total	-0,083	0,090	-0,064

Na Figura 1, verifica-se que as clorofilas **a/b**, para a espécie *T. aurea*, seguem a mesma tendência dos particulados, confirmando que a deposição contínua de partículas atmosféricas sobre as folhas tem influência direta sobre a capacidade fotossintética das árvores.

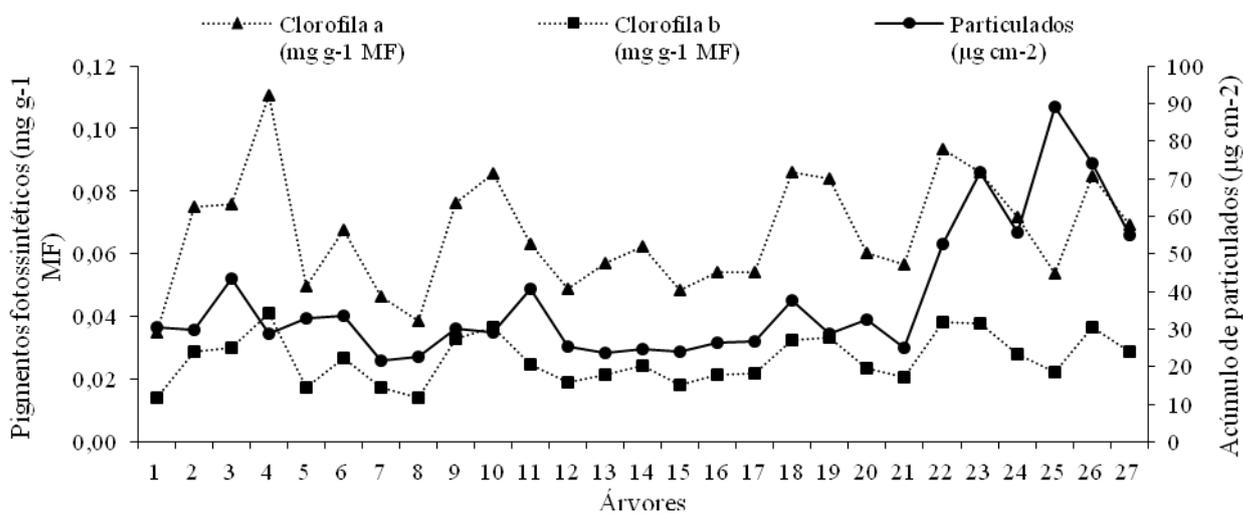


Figura 1. Acúmulo de particulados e teor total de clorofilas **a/b** em árvores da espécie *Tabebuia aurea*, localizadas em praças públicas, na cidade de Patos-PB

Figure 1. Accumulation of particulates and total content of chlorophyll **a/b** in *Tabebuia aurea* trees located in public squares in the city of Patos-PB

Em trabalho realizado por Krishnaveni e Lavanya K (2014), comparando os pigmentos fotossintéticos em doze espécies tropicais localizadas do lado da estrada, próximo a uma cidade na Índia, estes encontraram teor médio variando de 0,16 mg g⁻¹ a 0,52 mg g⁻¹ para a clorofila total e 0,008 mg g⁻¹ a 0,028 mg g⁻¹ para carotenoides. Observa-se que os teores de clorofila total apresentados pelos autores são superiores aos resultados da soma de clorofila **a/b** obtidos no presente estudo nas espécies avaliadas. Já para os carotenoides, os valores obtidos para *T. aurea* e *A. indica* (0,0169 mg g⁻¹ MF e 0,0084 mg g⁻¹ MF, respectivamente) encontram-se dentro do intervalo mencionado pelos autores.

Em estudo semelhante, realizado por Maioli et al. (2008) na Região Metropolitana da Grande Vitória-ES, onde avaliaram o estresse causado pela poluição atmosférica em árvores localizadas em áreas urbanas, tendo como controle árvores localizadas em uma reserva biológica, através da análise de alguns parâmetros bioquímicos, entre os quais a clorofila total na espécie *Licania tomentosa* e clorofila **b** e β-caroteno na espécie *Bauhinia forficata*, os autores encontraram que as espécies apresentam diferença ($P \leq 0,10$) nos resultados obtidos na área urbana quando comparados com a área controle, ressaltando que estes parâmetros são indicadores potenciais do estresse causado pela poluição do ar, especialmente por O₃.

Alguns pesquisadores (Capuzzo et al., 2012; Crespo et al., 2011), estudando parâmetros bioquímicos em espécies arbóreas, encontraram que o teor de clorofila **a**, clorofila **b** e carotenoides pode ser influenciado, além da poluição atmosférica e das características fenotípicas e adaptativas próprias de cada espécie, também pela disponibilidade de água no solo. No caso das árvores avaliadas na presente pesquisa, observando-se o fato de que a região onde se insere a cidade de Patos-PB apresenta um período seco, de aproximadamente sete a nove meses, faz-se necessário o uso da irrigação, que pode influenciar as respostas fisiológicas em relação aos parâmetros avaliados.

Wittenberghe et al. (2013), avaliando o estresse das plantas submetidas à poluição atmosférica, através do teor de clorofila e de sua fluorescência espectral, como indicador do tráfego veicular, em diferentes ambientes na cidade de Valencia (Espanha), encontraram que as respostas no teor de clorofila não são evidências suficientes para que este parâmetro seja utilizado como biondicador de alto e baixo tráfego veicular, porém destacam o fato de que a fluorescência da clorofila apresentou correlação, indicando que poderia ser usado para tal fim. No presente estudo, os resultados obtidos sugerem que a determinação dos pigmentos fotossintéticos para espécie *T. aurea*, em alto e baixo fluxo veicular, podem ser um bioindicador da contaminação relacionada com o tráfego veicular.

Morais et al. (2007), em estudo realizado na Amazônia, encontraram que plantas com folhas em ambientes com muita radiação solar apresentaram menor teor de clorofila do que aquelas sob sombreamento, e salientam que isso acontece porque a clorofila sintetizada é constantemente degradada pela presença da luz, no entanto se estabelece um balanço de baixa concentração. Resultado semelhante foi obtido e relatado por Rego e Possamai (2006), estudando o efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila em mudas de *Cariniana legalis*. Assim, o excesso de luz pode inibir a fotossíntese através dos processos de foto-inibição e fotooxidação (Streit et al., 2005).

Na Tabela 8, são apresentados os valores de correlação entre o acúmulo de particulados e o teor de elementos químicos obtidos nas folhas dos indivíduos de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*, localizados em praças com diferente fluxo veicular.

Tabela 8. Coeficientes de correlação de Pearson entre acúmulo de particulados e o teor de elementos químicos em folhas de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*, localizadas em praças com diferente fluxo veicular, na cidade de Patos-PB

Table 8. Pearson correlation coefficients between particulate accumulation and content of chemical elements in leaves of *Tabebuia aurea* and *Azadirachta indica* located in squares with different vehicular flow in the city of Patos-PB

	Tipo de fluxo	Mg	S	Cu	Fe	Pb	Zn	
		<i>Tabebuia aurea</i>						
Particulados	Baixo	0,930	0,006	-0,390	0,769	-0,695	0,162	
	Alto	0,135	-0,327	0,201	0,356	-0,044	0,215	
	Total	0,658	-0,288	0,007	0,636	-0,149	0,360	
	<i>Azadirachta indica</i>							
	Alto	0,266	0,210	0,303	0,175	0,566	0,083	
	Baixo	0,468	0,504	0,841	0,063	-0,318	0,590	
	Total	0,271	0,253	0,420	0,141	0,244	0,193	

De acordo os resultados para *T. aurea*, existe uma correlação positiva moderada-alta entre os elementos Mg e Fe determinados na folhagem e no acúmulo de particulados atmosféricos, especialmente nos resultados das árvores localizadas em praças de baixo fluxo. Entretanto, os elementos Pb e S, geralmente associados com a queima de combustíveis fósseis, apresentam uma correlação negativa (-0,288 e -0,149, respectivamente) com o acúmulo de particulados, situação que pode estar relacionada com o fato de que em ambientes urbanos, as árvores sofrem permanentes modificações que, em ocasiões, dificultam a consistência dos resultados. Já em relação à espécie *A. indica*, foi observada correlação positiva para S, Cu e Zn nas árvores localizadas em praças com baixo fluxo, e para Pb nos indivíduos localizados em praças com alto fluxo.

Gomes et al. (2014), em estudo semelhante, avaliaram os teores de clorofilas *a/b*, clorofilas totais e carotenoides em plantas de *Vetiveria zizanioides*, *Zea mays*, *Helianthus annuus* e *Ricinus communis*, cultivadas em solo contaminado com chumbo (Pb), com e sem correção do pH do solo, de modo a utilizá-las como indicadores do nível de estresse por concentração desse elemento em área contaminada por indústria metalúrgica localizada na cidade de Rio Tinto, região metropolitana de João Pessoa-PB, e encontraram resultados em que os parâmetros estudados demonstraram ser um indicador confiável para avaliar a qualidade ambiental e a poluição, principalmente, relacionando-se à toxicidade de metais pesados como Pb. Em estudo semelhante, realizado por Olivares (2003) em Caracas (Venezuela), atribuiu-se a diminuição da clorofila em *Tithonia diversifolia* a maiores teores de Pb e Ni em ambiente poluído.

Sob o ponto de vista fisiológico, a contaminação atmosférica por metais pesados, como foi avaliado no presente estudo, afeta o potencial fotossintético das plantas, resultante de alterações no elétron transportador da fotossíntese no fotosistema II (PSII) ou na assimilação do carbono (CO₂) que a planta faz através dos estômatos, assim como a eficiência fotoquímica e o teor de pigmentos fotossintéticos no PSII, o que, em conjunto, afeta o desenvolvimento desta planta (Arena et al., 2014; Dhir et al., 2014). Concentrações muito elevadas de gases como O₃ podem também afetar a capacidade fotossintética da planta, obrigando-a a usar a clorofila **b** como antioxidante de poluentes atmosféricos e não em sua função fotoquímica (Maioli et al., 2008).

Baycu et al. (2006) afirmam que alterações na permeabilidade da membrana e na estrutura dos cloroplastos também podem afetar o teor dos pigmentos fotossintéticos devido à peroxidação lipídica, que é auxiliada por aumento na atividade peroxidase, portanto o teor de clorofila e a atividade peroxidase pode ser um indicador adequado do estresse em plantas submetidas à contaminação por metais em condições urbanas.

No caso dos carotenoides, o aumento do seu teor apresentado por algumas árvores, em ambientes urbanos, pode ser uma resposta fisiológica da planta como mecanismo de dissipação do excesso de energia radiante, assim como de regulação do conteúdo de carbono e nitrogênio para proteger e aumentar a capacidade das células responsáveis pela captação da energia (Crespo et al., 2011; Joshi e Swami, 2009; Maioli et al., 2008).

CONCLUSÕES

A espécie *Tabebuia aurea* foi mais eficiente na retenção de particulados atmosféricos através de sua folhagem.

A folhagem das espécies *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica* cumpre função biorremediadora da contaminação atmosférica por registrar, na superfície das folhas e nos tecidos vegetais, a presença dos elementos químicos Mg, S, Fe, Pb, Cu e Zn, associados com o tráfego veicular.

O chumbo presente nas folhas de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica* fica mais retido na superfície das folhas do que absorvido no tecido foliar, sendo um bom bioindicador da poluição atmosférica associada com o tráfego veicular, com destaque para a espécie *Tabebuia aurea*.

Os pigmentos fotossintéticos clorofila *a/b* presentes nas folhas de *Tabebuia aurea* apresentam correlação com o acúmulo de particulados por tipo de fluxo, destacando-se como um bom indicador da contaminação atmosférica urbana.

Agradecimentos

A CAPES, pela concessão da bolsa de Mestrado

REFERÊNCIAS

- Alcalá JJ; Sosa M, Moreno M, Quintana G, Miranda S, Rubio A. Metales pesados en vegetación arbórea como indicador de la calidad ambiental Urbana: ciudad de Chihuahua, México. *Multequina* 2008; 17: 39-54.
- Alcalá JJ; Sosa M, Moreno M, Rodríguez JC, Loredo C, Lara JL et al. Concentraciones de Fe, Mn y Mg em material foliar de cinco especies arbóreas indicadoras de la contaminación urbana en la ciudad de Chihuahua, México. *Multequina* 2009; 18: 37-51.
- Alcalá JJ, Rodríguez JC, Tiscareño MA, Hernández A, Tapia JJ, Loredo C et al. Mitigación del impacto ambiental del polvo atmosférico a través de *Prosopis laevigata* y *Schinus molle*, San Luis Potosí, México. *Multequina* 2011; 18: 37-51.
- Alcalá JJ, Ortiz JCR, Zuñiga MEV, Montoya AH, Arreola ME; Morales FAB et al. Vegetación bioindicadora de metales pesados em un sistema semiárido. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 2013; 45(1): 27-42.
- Alves DD, Osório DMM, Rodrigues MAS, Illi JC, Bianchin L, Benvenuti T. Concentrations of PM_{2.5-10} and PM_{2.5} and metallic elements around the Schmidt Stream area, in the Sinos River Basin, southern Brazil. *Brazilian journal Biology* 2015; 75(4): 43-52.
- Arena C, Maio A, Nicola F, Santorufo L, Vitale L, Maisto G. Assessment of Eco-Physiological Performance of *Quercus ilex* L. Leaves in Urban Area by an Integrated Approach. *Water Air Soil Pollut* 2014; 225(1824): 2-12.
- Barroso FL. *Influência do magnésio sobre o desenvolvimento, produtividade e índices nitrogenados da batata semente básica, cultivada em substrato orgânico e em hidroponia* [dissertação]. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 2013.
- Bartolini PC. *Duração do pastejo na produção de forragem e de grãos em cereais de inverno no Sul do Paraná* [tese]. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná, 2004.
- Baycu G, Tolunay D, Ozden H, Gunebakan S. Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. *Environmental Pollution* 2006; 143: 545-554.

Cadle SH, Mulawa PA, Ball J, Donase C, Weibel A, Sagebiel JC et al. Particulate Emission Rates from In-Use High-Emitting Vehicles Recruited in Orange County, California. *Environmental Science & Technology* 1997; 31: 3405-3412.

Capuzzo JP, Rossatto DR, Franco AC. Differences in morphological and physiological leaf characteristics between *Tabebuia aurea* and *T. impetiginosa* is related to their typical habitats of occurrence. *Acta Botanica Brasilica* 2012; 26(3): 519-526.

Crespo SC, Moreno-Chacón AL, Rojas A, Melgarejo LM. Principal Component Analysis of Changes due to Water Stress for Some Osmolytes, Pigments and Antioxidant Enzymes in *Gmelina arborea* Robx. Leaves from Trees Planted in Northern Colombia. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 2011; 22(12) 2275-2280.

Dalmasso A, Candia A, Llera R. La vegetación como indicadora de la contaminación por polvo atmosférico. *Multequina* 1997; (6): 91-97.

Departamento Estadual de Trânsito (DETRAM). *Frota por município, março, 2014*. [cited 2016 fev. 6] Available from: http://www.detran.pb.gov.br/index.php/estatisticas/doc_view/515-frota-por-municipio.raw?tmpl=component

Dhir B, Sharmila P, Saradhi PP. Photosynthetic performance of *Salvinia natans* exposed to chromium and zinc rich wastewater. *Brazilian Journal Plant Physiology* 2008; 20(1): 61-70.

Duran-Rivera B, Alzate-Guarín F. Intercepción de partículas suspendidas totales (PST) por cinco especies de árboles urbanos en el Vale de Aburrá. *Revista Facultad Ingeniería Universidad de Antioquia* 2009; (47): 59-66.

Escobedo F, Chacalo A. Estimación preliminar de la descontaminación atmosférica por el arbolado urbano de la ciudad de México. *Interciencia* 2008; 33(1): 1-5.

Gomes SMS, Lima VL, Souza AP, Nascimento JJVR, Nascimento ES. Chloroplast pigments as indicators of lead stress. *Engenharia Agrícola* 2014; 34(5): 877-884.

Gómez-Beggethun E, Barton DN. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics* 2013; 86: 235-245.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Sinopse do censo demográfico* [cited 2015 maio 5]. Available from: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=11&uf=00>.

Köppen, W. Tradução: Sistema Geográfico dos Climas. In: Corrêa, ACB. *494 Notas e Comunicado de Geografia – Série B: Textos Didáticos nº13*. 495rd ed. Universitária – UFPE, Departamento de Ciências Geográficas, UFPE; 1996.

Joshi PC, Swami A. Air pollution induced changes in the photosynthetic pigments of selected plant species. *Journal Environmental Biology* 2009, 30(2): 295-298.

Krishnaveni M, Lavanya K. Air pollution tolerance index of plants a comparative study. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 2014; 6(5): 320-324.

Lichtenthaler HK, Buschmann C. Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-VIS Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* 2001; F4.3.1-F4.3.8.

Lucena JN, Souto PC, Zea-Camaño, JD, Souto JS, Souto LS. Arborização em canteiros centrais na cidade de Patos, Paraíba. *Revista Verde* 2015; 10(4): 20-26.

Machado A, García N, García C, Acosta L, Córdova A, Linares M et al. Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 2008; 24(4): 171-182.

Maher BA, Moore C, Matzka J. Spatial variation in vehicle-derived metal pollution identified by magnetic and elemental analysis of roadside tree leaves. *Atmospheric Environment* 2008; 42: 364-373.

Maioli OLG, Santos JM, Reis Júnior NC, Cassini STA. Parâmetros bioquímicos foliares das espécies *Licania tomentosa* (benth.) e *Bauhinia forficata* (link.) Para avaliação da qualidade do ar. *Química Nova* 2008; 31(8), 925-1932.

Marques TCLLSM, Soares AM, Gomes MP, Martins G. Respostas fisiológicas e anatômicas de plantas jovens de eucalipto expostas ao cádmio. *Revista Árvore* 2011; 35(5): 997-1006.

Martins JM. *Organização estrutural de folhas de Eugenia uniflora L. (Myrtaceae) em dois ambientes distintos na Região Metropolitana de Curitiba, PR, Br* [monografia]. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná, 1999.

Melo RR, Lira Filho JA, Rodolfo Júnior FR. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana* 2007; 2(1): 64-80.

Morais RR, Gonçalves JFC, Santos Júnior UM, Dunisch O, Santos ALW. Chloroplastid pigment contents and chlorophyll *a* fluorescence in amazonian tropical three species. *Revista Árvore* 2007; 31(5): 959-966.

Moraes LA, Machado RRB. Arborização urbana do município de Timon/MA: inventário, diversidade e diagnóstico qualiquantitativo. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana* 2014; 9(4): 80-98.

Moreira TCL. *Interação da vegetação arbórea e poluição atmosférica na cidade de São Paulo* [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2010.

Migliavacca DM. *Estudos dos processos de remoção de poluentes atmosféricos e utilização de bioindicadores na região metropolitana de Porto Alegre, RS* [tese]. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

Moreno G, Caretero EM, Feggi AM, Vento B. Sedimentación atmosférica seca en hojas de *Morus alba* L. en la ciudad de San Juan, Argentina. *Interciencia* 2008; 33(11). 844-849.

- Neto DC, Monteiro FA, Dechen AR. Características produtivas do capim-tanzânia cultivado com combinações de potássio e de magnésio. *Acta Scientiarum Agronomy* 2007; 29(4): 459-467.
- Olivares E. The effect of lead on the phytochemistry of *Tithonia diversifolia* exposed to roadside automotive pollution or grown in pots of PB-supplemented soil, Venezuela. *Brazilian Journal Plant Physiology* 2003; 15(3): 149-158.
- Pimenta-Barrios E, Rables-Murguía C, Carvajal S, Muñoz-Urias A, Martínez-Chávez C, León-Santos S. Servicios ambientales de la vegetación em ecosistemas urganos em el contexto del cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2014; 5(22): 26-39.
- Pompelli MF, França SC, Tigre RC, Oliveira MT, Sacilot M, Pereira EC. Spectrophotometric determinations of chloroplastidic pigments in acetone, etanol and dimethylsulphoxide. *Revista Brasileira de Biociências* 2013; 11(1): 52-58.
- Potafos - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. *Nutri-Fatos: Informação agrônoma sobre nutrientes para as culturas* [cited 2016 fev. 21]. Piracicaba (SP): Serie: Arquivo do Agrônomo, n. 10, 1996. 24 p. Available from: <http://brasil.ipni.net/beagle/BRS-3146&f=Nutrifatos.pdf>
- Prause J, Fernández-López C. Concentración estacional de micronutrientes en hojas de cuatro especies forestales del Parque Chaqueño, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 2012; 60(3): 1109-1116.
- Prieto-Méndez J, González-Ramírez C, Román-Gutiérrez AD, Prieto-García F. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 2009; 10: 29–44.
- Puga S, Sosa M, De La Mora A, Pinedo C, Jiménez J. Concentraciones de as y zn en vegetación nativa cercana a una presa de jales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 2006; 22(2): 75-82.
- Reissmann CB, Biondi D. O teor de ferro em dedaleiro (*Lafoensia pacari* St. Hil.) como elemento indicador da poluição urbana por particulados. *Revista Floresta* 1995; 23: 55-62.
- Rego MG, Possamai E. Efeito do Sombreamento sobre o Teor de Clorofila e Crescimento Inicial do Jequitibá-rosa. *Pesquisa Florestal Brasileira* 2006; (53): 179-194.
- Richards JH. Physiology of plants recovering from defoliation. In: *Anais do Proceedings of the XVII international grassland congress*; 1993, Palmerston North, New Zealand: Grassland Association; 1993. p. 85-94.
- Silva MF. *Avaliação da qualidade do ar utilizando espécies arbóreas na cidade de Patos – PB* [dissertação]. Patos, PB: Universidade Federal de Campina Grande; 2011.
- Sousa J.G. *Diagnóstico da arborização e percepção ambiental em seis bairros da cidade de Patos, Paraíba*. [dissertação]. Patos, PB: Universidade Federal de Campina Grande; 2014.

Streit NM, Canterle LP, Canto MW, Hecktheuer LHH. As Clorofilas. *Ciência Rural* 2005; 35(3): 748-755.

Szumacher I, Malinowska E. Servicios ecosistémicos urbanos según el modelo de varsovia. *Revista del CESLA* 2013; (16): 81-108.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnem H, Volkweiss SJ. *Análises de Solo, Plantas e outros materiais*. 2.ed rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS; 1995.

Vieco-Zapata ME. *Estimación de la remoción de material particulado por parte de tres especies arbóreas en un corredor vial de Medellín* [monografía]. Envigado, Ant. Escuela de Ingeniería de Antioquia; 2014.

Wang Y, Bakker F, Groot R, Wörtche H. Effect of ecosystem services provided by urban green infrastructure on indoor environment: A literature review. *Building and Environment* 2014; 77: 88-100.

Williams RJH, Lloyd MM, Ricks GR. Effects of atmospheric pollution on deciduous woodland I: some effects on leaves of *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. *Environmental Pollution* 1971; (2): 57-68.

Wittenberghe SV, Alonso L, Verrelst J, Hermans I, Delegido J, Veroustraete F et al. Upward and downward solar-induced chlorophyll fluorescence yield indices of four tree species as indicators of traffic pollution in Valencia. *Environmental Pollution* 2013; 173: 29-37.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO DAS ESPÉCIES *Tabebuia aurea* E *Azadirachta indica* NO CONFORTO TÉRMICO DA CIDADE PATOS-PB, SEMIÁRIDO DO BRASIL

(Manuscrito a ser submetido à Revista Ciência Florestal)

INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO DAS ESPÉCIES *Tabebuia aurea* E *Azadirachta indica* NO CONFORTO TÉRMICO DA CIDADE PATOS-PB, SEMIÁRIDO DO BRASIL

INFLUENCE OF SHADE SPECIES *Tabebuia aurea* and *Azadirachta indica* IN THERMAL COMFORT OF PATOS-PB, SEMIARID REGION OF BRAZIL

RESUMO

A árvores em ambientes urbanos oferecem serviços ecossistêmicos de regulação climática, refletindo no bem-estar da população. O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência de indivíduos arbóreos de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica* no microclima em praças públicas da cidade de Patos-PB, região semiárida do Brasil. Foram selecionados indivíduos arbóreos localizados em seis praças da cidade, sendo realizada a medição da temperatura ambiente e temperatura radiante sob e fora da copa das árvores, e foi estimado o índice de desconforto de Thom para ser comparado com os resultados obtidos em entrevistas estruturadas relativas à sensação de conforto experimentada pelos usuários das praças feitas no mesmo instante. A coleta de dados foi realizada no período de 29 de outubro a 14 de novembro de 2015, com registro de temperatura entre as 6:30 h e às 17:30 h em dias típicos ensolarados. Foram aplicados o teste t normal e o teste t pareado ($p < 0,05$) para comparação de médias. Os resultados registram amplitude térmica média para a temperatura ambiente sob e fora da copa das árvores de 0,83 °C em *Azadirachta indica* e de 1,09 °C em *Tabebuia aurea*, e, quanto à temperatura radiante, a amplitude térmica registrada sob e fora a copa das árvores foi em média de 9,34 °C e 9,28 °C para *Azadirachta indica* e *Tabebuia aurea*, respectivamente, sendo determinada diferença significativa em todos os casos e em quase todos os horários avaliados. Situação semelhante ocorreu ao se compararem os resultados sob a copa entre as espécies. O índice de desconforto de Thom registrou valores no intervalo de 74,27-83,84, estando acima dos níveis considerados como conforto térmico e não apresentou correspondência com os resultados das entrevistas. Conclui-se que o índice de desconforto de Thom não foi um bom indicador do conforto térmico experimentado pelos frequentadores das praças na cidade de Patos, no semiárido da Paraíba.

Palavras chave: serviços ecossistêmicos, arborização urbana, conforto térmico

ABSTRACT

Trees in urban environments provide ecosystem services of climate regulation reflecting in people's well-being. This study aimed to evaluate the influence of *Tabebuia aurea* and *Azadirachta indica* trees in the microclimate in public squares in the city of Patos-PB, semiarid region of Brazil. Trees located in six squares of the city were located. Measurement of ambient temperature and radiant temperature was carried out, under and outside the tree canopy, and thus Thom's discomfort index was estimated, in order to be compared with the results obtained in interviews on the comfort feeling, experienced by users of squares, made simultaneously. Data collection was conducted from October 29 to November 14, 2015 with the temperature recorded between 6:30 and 17:30 on typical sunny days. The normal t-test and paired t-test ($p < 0.05$) for average comparison were applied. The results recorded average thermal amplitude, for ambient temperature under and outside tree canopies, of 0.83 °C in *Azadirachta indica* and 1.09 °C in *Tabebuia aurea*, while radiant temperature thermal amplitude, recorded under and outside tree canopies, was 9.34 °C and 9.28 °C for *Azadirachta*

indica and *Tabebuia aurea*, respectively. A significant difference was determined in all cases, and in almost all evaluated times a similar situation occurred when comparing the results under the tree canopy between species. Thom's discomfort index recorded values in the range of 74.27 to 83.84, being above the levels considered as comfortable temperatures, and showed no correlation with the results of the interviews. We conclude that the Thom's discomfort index was not a good indicator of thermal comfort experienced by passers of the squares in the city of Patos, semiarid region of Paraíba State.

Keywords: ecosystem services, urban forests, thermal comfort

INTRODUÇÃO

As cidades geram grandes modificações no microclima, devido, principalmente, à diminuição das áreas verdes causadas pela urbanização e ao predomínio de estruturas de cimento e asfalto que absorvem e liberam paulatinamente a energia radiante, ocasionando incremento da temperatura ambiente. Em tal sentido, o fenômeno das ilhas de calor urbano sobre as cidades, ocasionado pela redução da evaporação, o aumento da rugosidade aerodinâmica e as propriedades térmicas dessas estruturas, está devidamente estudado (MARTINI e BIONDI, 2015).

O conforto térmico é uma condição de satisfação da mente humana frente à temperatura corporal experimentada num ambiente determinado, portanto é considerado um dos fatores determinantes para o uso de ambientes como praças, parques e outros lugares de lazer, sendo seu estudo necessário para compreender a dinâmica de ocupação do espaço urbano e um suporte para tomar decisões (GIRGIS et al., 2015; RUIZ e CORREA, 2015; YOUSIF e TAHIR, 2013).

As árvores têm a capacidade de oferecer serviços ecossistêmicos de regulação climática em ambientes urbanos pela ação de sua folhagem, contribuindo com a diminuição da temperatura em nível microclimático, que melhora a sensação de bem-estar das pessoas. O efeito pode ser analisado através de índices de conforto/desconforto térmico como o índice de Thom, estimado a partir da medição das variáveis climáticas, temperatura ambiente e umidade relativa, e envolvendo outros fatores relativos às características próprias da população em contexto regional (YOUSIF e TAHIR, 2013; SANTOS e ANDRADE, 2008).

O conhecimento das espécies arbóreas em relação a sua capacidade de diminuir a temperatura e melhorar o microclima através do sombreamento constitui grande importância, especialmente em cidades localizadas em regiões quentes, como o caso do semiárido brasileiro, que apresenta clima hostil, mesmo para o desenvolvimento da própria vegetação

(RIBEIRO et al., 2015; LACERDA et al., 2011). Essas informações irão auxiliar planejadores e pesquisadores do ambiente construído para tomar decisões sobre as intervenções dos espaços abertos, visando à melhoria da qualidade de vida das pessoas (ABREU e LABAKI, 2010).

O presente estudo objetivou avaliar a contribuição de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica*, localizadas em praças públicas, na cidade de Patos-PB, em relação à diminuição da temperatura, assim como avaliar o índice de desconforto de Thom como indicador da sensação de conforto térmico experimentada pelos habitantes.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na cidade de Patos-PB, situada na mesorregião Sertão Paraibano, localizada entre as coordenadas geográficas 07°01'32" de Latitude Sul e 37°16'40" de Longitude Oeste, com altitude média de 250 m. O município de Patos na Paraíba caracteriza-se pelas altas temperaturas e pelos baixos índices pluviométricos. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen (1996), é do tipo BSh (quente e seco), com temperatura máxima de 38°C (MELO et al., 2007; SILVA, 2011; LUCENA et al., 2015).

De acordo com dados do IBGE (2010), a cidade de Patos apresenta uma extensão territorial de 473,1 km² com área urbana de 5,11 km², e uma população aproximada de 100.674 habitantes, sendo 96,63% deles moradores urbanos. Sua vegetação nativa, segundo Nóbrega et al. (2014), é do tipo caatinga hiperxerófila e tem sido bastante devastada. A arborização, na área urbana, apresenta, nos seus bairros, cerca de vinte espécies, com uma alta proporção de espécies exóticas (MELO et al., 2007; SOUSA, 2014). Já em relação às praças, elas possuem cerca de 30 espécies nativas e exóticas, distribuídas entre árvores, arbustos e palmeiras.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram escolhidas 20 árvores adultas das espécies *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore e *Azadirachta indica* A. Juss., localizadas em cinco praças da cidade de Patos-PB (Tabela 1).

TABELA 1: Identificação das praças selecionadas para o estudo e sua localização
TABLE 1: Identification of the squares selected for the study and their location

Nome da praça	Localização	Latitude	Longitude
Vereador Cícero Sulpino	Bairro Centro	07° 1'43.42"S	37°16'53.29"O
Edivaldo Motta	Bairro Centro	07° 1'48.76"S	37°16'31.70"O

Nome da praça	Localização	Latitude	Longitude
Getúlio Vargas	Bairro Centro	07° 1'27.71"S	37°16'39.07"O
Alcides Carneiro	Bairro Belo Horizonte	07° 1'4.85"S	37°17'0.16"O
Joaquim Araújo de Melo	Bairro Noé Trajano	07° 0'34.64"S	37°17'18.42"O

A medição da temperatura ambiente, temperatura radiante e umidade relativa do ar foi realizada no período de 29 de outubro a 14 de novembro de 2015, em dias típicos ensolarados com ausência de chuvas, conforme a metodologia empregada por Potchter et al. (2006). Segundo dados históricos, na cidade de Patos-PB, os meses de setembro a dezembro caracterizam-se como os mais quentes do ano.

Para a realização das medições de temperatura ambiente e umidade relativa do ar, foram utilizados cinco sensores *HOBO Pro v2 Temperature/Relative Humidity data logger - Part # U23-001* e, para a medição da temperatura radiante, foram usados cinco sensores *HOBO Pendant® Temperature/Light 8K Data Logger - Part # UA-002-08*. Os sensores *HOBO Pro v2* foram protegidos da radiação direta com abrigos meteorológicos de aproximadamente 35 cm de altura x 15 cm de diâmetro, confeccionados cada um com trinta pratos descartáveis de poliestireno, de cor branca, atravessados por uma barra roscada, separados entre si por segmentos de mangueira plástica e assegurados por porcas metálicas nos extremos. Cada sensor foi instalado numa base de madeira à altura de 1,5 m sobre o nível da superfície do solo (Figura 1 A e B).

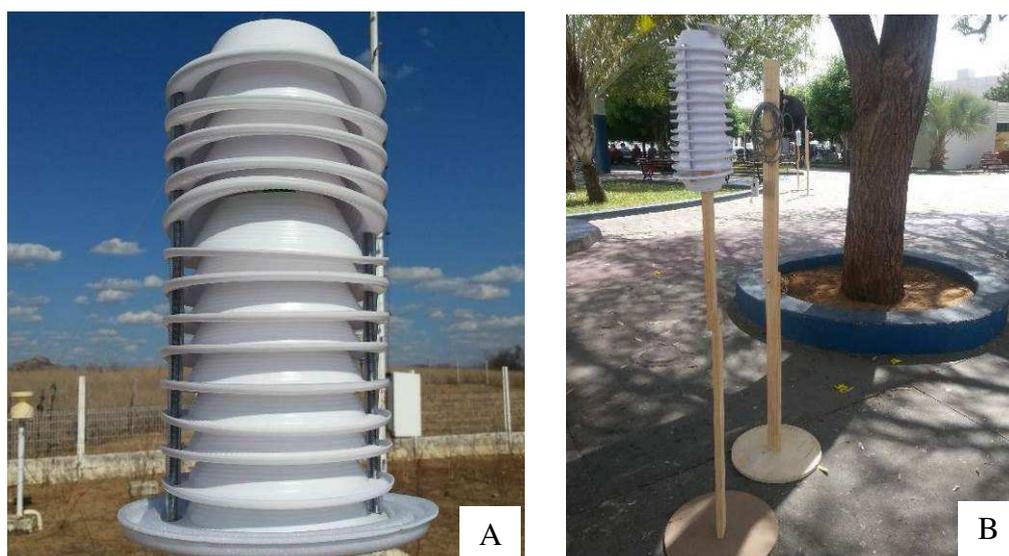


FIGURA 1: Abrigo meteorológico confeccionado com pratos descartáveis de poliestireno (Figura 1A) e Base de madeira para instalação dos aparelhos (Figura 1B). Foto e design: Zea-Camaño (2016)

FIGURE 1: Weather shelter made with disposable plates polystyrene (Figure 1A) and timber base for installing the devices (Figure 1B). Photo and design: Zea-Camaño (2016)

As medições foram feitas no período das 06:30 h – 17:30 h, durante dois dias, em cada praça, totalizando 10 dias de registro das variáveis climáticas a cada 15 minutos. Os equipamentos foram distribuídos nas praças colocando-se os aparelhos individualmente sob as copas de duas árvores adultas por cada espécie, selecionando-se os indivíduos mais próximos da calçada. O quinto sensor foi instalado fora da influência da copa das árvores, à plena exposição do sol.

Com os valores de temperatura ambiente (também chamada de temperatura do bulbo seco) e umidade relativa registrados fora da copa das árvores, foi estimada a temperatura do bulbo molhado, mediante equações psicrométricas, usando o software GRAPSI 6.1. Posteriormente, foi estimado o Índice de Desconforto (ID), proposto por Thom (1959), através da seguinte equação: $ID = 0,4 (T_{bs} + T_{bm}) + 15$, onde ID = Índice de Desconforto; T_{bs} = temperatura do bulbo seco; e T_{bm} = temperatura do bulbo molhado. De acordo com o supracitado autor, valores de ID <60 são considerados estresse ao frio, valores do ID entre 60 e 70 são considerados conforto térmico; ID acima de 75 representa que mais da metade das pessoas experimentam sensação de desconforto, e valores ≥ 79 significam estresse ao calor para toda a população.

Como complemento da pesquisa, foram realizadas 400 entrevistas estruturadas, feitas ao longo do dia, no mesmo horário da coleta de dados, quando foi feita uma pergunta de modo a identificar a sensação de conforto térmico que o entrevistado estava sentindo naquele momento, sendo para ele apresentadas três alternativas: ambiente confortável, razoavelmente confortável e desconfortável. Os resultados foram agrupados em quatro horários: 6:30-9:00 h, 9:00-12:00 h, 12:00-15:00 h, 15:00-17:30 h.

Para a comparação de médias dos resultados de temperatura ambiente e temperatura radiante sob a copa e fora da copa das árvores, foi aplicado o teste pareado ($p < 0,05$). Para a análise do índice de conforto térmico e sua relação com as respostas dos entrevistados, foi feita análise de correlação comparativa. Tanto análises estatísticas como o processamento dos dados foram feitos com auxílio do programa Microsoft Office Excel 2013®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise da influência microclimática da arborização localizada nas praças, registrou-se temperatura ambiente média de 33,27 °C sob a copa das árvores de *A. indica*,

durante o período das 6:30 h às 17:30 h, apresentando, em média, uma diminuição de 0,83 °C com relação à temperatura média encontrada fora da copa, sendo a maior amplitude térmica (1,30 °C) registrada às 14:00 horas, e a mínima (0,05 °C) às 17:15 horas (Figura 2).

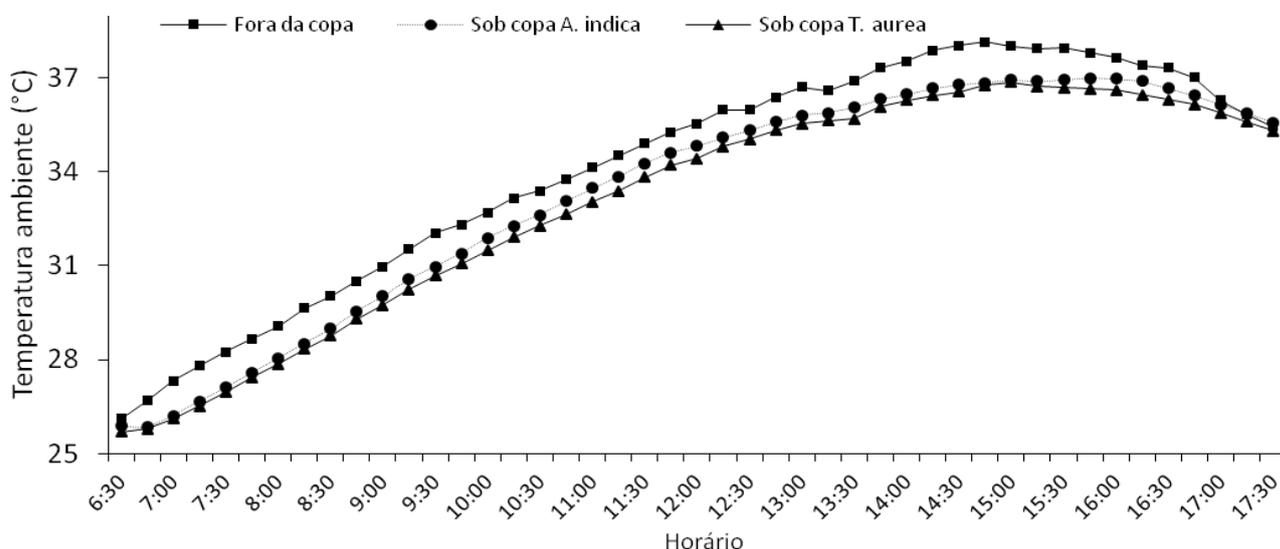


FIGURA 2: Temperatura ambiente média sob e fora da copa em árvores de *Azadirachta indica* e *Tabebuia aurea* em diferentes horários, na cidade de Patos –PB

FIGURE 2: Average ambient temperature under and outside the canopy trees of *Azadirachta indica* and *Tabebuia aurea* at different times in the city of Patos –PB

Resultados semelhantes foram obtidos para *T. aurea*, quando se registrou temperatura média de 33,00 °C sob a copa das árvores, com diferença de 1,09 °C em relação à temperatura média obtida fora da influência da copa das árvores, e a maior amplitude térmica (1,48 °C) foi registrada às 14:30 horas e a mínima (0,15 °C) às 17:30 horas.

Ao se analisar por espécie e horário, a temperatura ambiente média sob a copa das árvores de *T. aurea* apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em todos os horários avaliados quando comparada com os resultados obtidos fora da copa. No caso de *A. indica*, houve também diferença ($p < 0,05$) do parâmetro avaliado em todos os horários, com a exceção das 17:15 horas. Esses resultados indicam que as espécies *A. indica* e *T. aurea* têm uma função importante na diminuição da temperatura em nível microclimático nos ambientes onde estão inseridas.

Quando se realizou a comparação entre espécies para temperatura ambiente média registrada sob a copa das árvores, observou-se ainda, na figura 2, que mesmo sendo os valores aproximados, foi registrado, em média, 0,27 °C a menos sob a copa das árvores de *T. aurea* quando comparados com os resultados obtidos para *A. indica*, com diferenças

significativas ($p < 0,05$) em quase todos os horários de amostragem, com exceção das 6:45 h, 14:45 h, 15:00 h e 15:15 horas.

Na análise da mitigação da temperatura radiante através do sombreamento proporcionado pela copa das árvores (Figura 3), observa-se que a espécie *A. indica* registrou valores médios de 34,91 °C e 44,25 °C sob e fora da copa, respectivamente, sendo a maior amplitude térmica (12,76 °C) registrada às 1:45 h, e a mínima amplitude (0,14 °C) encontrada às 17:15 horas.

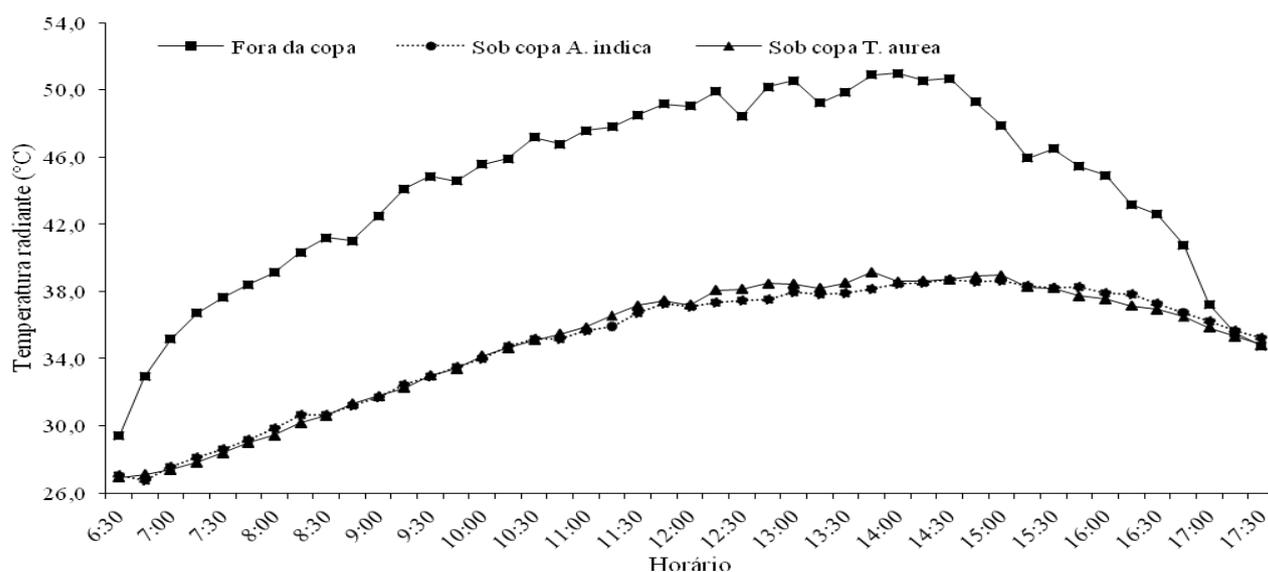


FIGURA 3: Temperatura radiante média sob e fora da copa de árvores de *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica* em diferentes horários, na cidade de Patos –PB

FIGURE 3: Average radiant temperature under and outside the canopy trees of *Tabebuia aurea* and *Azadirachta indica* at different times in the city of Patos –PB

No caso da *T. aurea*, a temperatura média radiante sob da copa das árvores foi de 34,96 °C, apresentando uma diminuição de 9,28 °C com relação à temperatura média obtida fora da copa, sendo registrada a maior amplitude térmica (12,40 °C) às 14:00 horas, e a mínima amplitude (0,08 °C) às 17:30 horas.

Ao se analisarem os resultados por espécie, ainda na figura 3, foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para *A. indica*, ao comparar a temperatura média radiante obtida sob e fora da copa de suas árvores em quase todos os horários avaliados, com exceção das 17:15 horas. No caso de *T. aurea*, resultado semelhante foi obtido, não detectada diferença ($p < 0,05$) para este parâmetro apenas quando avaliado às 17:30 horas.

Na comparação entre espécies, pode-se observar que os registros de temperatura radiante sob da copa de *T. aurea* e *A. indica* foram semelhantes, verificando-se, em média, apenas 0,19 °C de amplitude térmica durante o período avaliado. No entanto, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em quase todos os horários, com exceção das 16:15 horas e no período

das 17:00 às 17:30 horas. É importante ressaltar que o pôr do sol na cidade de Patos-PB, no período em que foi desenvolvida a pesquisa, aconteceu entre as 17:00h e as 17:15 horas o que, provavelmente, influenciou os resultados.

Em estudos similares, realizados em outras localidades do Brasil, sob condições climáticas distintas, pesquisadores encontraram resultados semelhantes, a exemplo de Durante e Nogueira (2015), que, ao estudarem os efeitos do sombreamento arbóreo em zona urbana de Cuiabá/MT, encontraram que, sob a copa de árvores das espécies *Licania tomentosa* e *Mangifera indica*, a temperatura ambiente registrada foi em média 2,3 °C e 3,3 °C, menor que a céu aberto. Estes valores foram superiores quando comparados com os resultados obtidos no presente estudo.

Yoshida et al. (2015), durante a estação de verão, em cinco locais arborizados do campus da Universidade de Osaka no Japão, avaliaram a temperatura ambiente sob e fora da copa em árvores com folhagem com diferente forma e encontraram que a quantidade de radiação solar sob a copa foi bastante atenuada em comparação com locais iluminados pelo sol, registrando amplitude térmica em cerca de 1 °C, resultado semelhante ao registrado no presente estudo para as espécies *A.indica* (0,83 °C) e *T.aurea* (1,09 °C).

Em relação à avaliação da temperatura radiante, observa-se, ainda na figura 3, uma amplitude térmica maior do que a obtida na temperatura ambiente (figura 2), e isso pode ser atribuído ao aquecimento da superfície do ambiente que absorve a energia solar e, paulatinamente, vai sendo liberada na forma de calor. Basso e Corrêa (2014), em estudo realizado na cidade de Campo Grande (MS), em área do bioma Cerrado caracterizada por apresentar clima quente e seco, donde avaliaram a contribuição de árvores adultas das espécies mais utilizadas na arborização da cidade, em relação à amenização da radiação solar, através da diferença nas temperaturas superficiais de ruas asfaltadas e calçadas cimentadas sob e fora da ação da copas das árvores, encontraram, para árvores de grande porte, diferenças variando de 9 - 21 °C no asfalto e de 5,44 - 17 °C no cimento.

Em estudos similares, realizados por Martini et al. (2015), Viezzer et al. (2015) e Silva et al. (2014), na cidade de Curitiba-PR, avaliando a influência microclimática da vegetação localizada em praças e fragmentos de floresta com maior densidade no plantio e comparando os resultados de temperatura ambiente com medições feitas em transectos de rua sem/pouca vegetação, encontraram amplitude térmica máxima variando entre 2,7 °C e 6,1 °C, demonstrando uma contribuição ainda maior da vegetação na diminuição de temperatura ambiente quando comparados os resultados com os obtidos no presente estudo. Os supracitados autores salientam que áreas arborizadas com espécies de grande porte

representam maiores benefícios microclimáticos para a população. Esta situação também foi observada no presente estudo, em que as árvores da espécie *T. áurea*, apesar de apresentarem semi-caducifolia durante o período avaliado, apresentarem resultados levemente superiores na diminuição da temperatura do que indivíduos da espécie *A.indica*.

Yoshida et al. (2015) afirmam que as áreas verdes arborizadas transferem calor latente devido à transpiração realizada através de suas folhas. Subsequentemente, dá-se acréscimo de umidade no ar, e o efeito da radiação solar é diminuído pelo sombreamento da folhagem, apresentando melhoria térmica no ambiente próximo e em áreas adjacentes, além do efeito psicológico de bem-estar, causado nas pessoas que frequentam essas áreas. Ribeiro et al. (2015) salientam que, quando uma área fica sombreada pela ação das árvores, a temperatura decresce pela diminuição de ondas longas que geram calor.

Quanto à análise do desconforto térmico em praças avaliadas na cidade de Patos-PB, arborizadas com as espécies *T.aurea* e *A.indica*, observa-se, na figura 4, que os resultados do índice de desconforto (ID) de Thom enquadram-se no intervalo de 74,27-83,84, apresentando os menores valores no período das 6:30 às 8:00 horas (74,27 – 76,78), e os maiores valores entre as 14:00 e as 15:00 horas do dia (83,43 – 83,68).

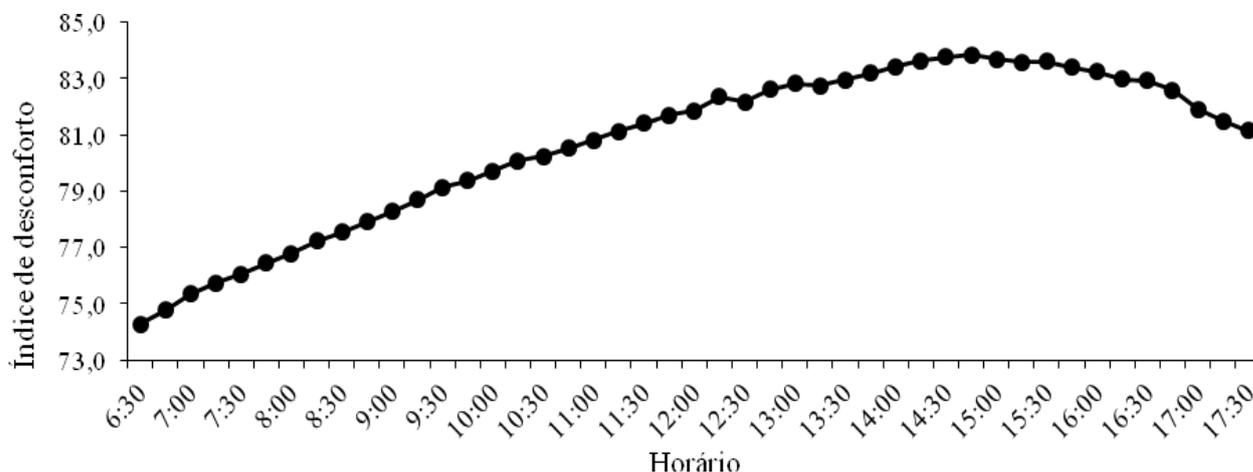


FIGURA 4: Índice de desconforto de Thom em diferentes horários em praças arborizadas, na cidade de Patos –PB

FIGURE 4: Thom's discomfort index at different times in squares with tree planting in the city of Patos –PB

Ao se analisar em conjunto o Índice de Desconforto de Thom e as respostas dos entrevistados em relação à sensação de conforto térmico experimentada em cada período de avaliação (Figura 5), observa-se que, mesmo o Índice de Desconforto sendo elevado no período das 6:30 às 9:00 h (em média 76,4), dos cidadãos entrevistados que passavam pelo

contorno das praças, 46,5% manifestaram estar confortáveis com a temperatura ambiente, 17,2% relataram a condição de desconforto, e os demais escolheram a condição de razoavelmente confortável.

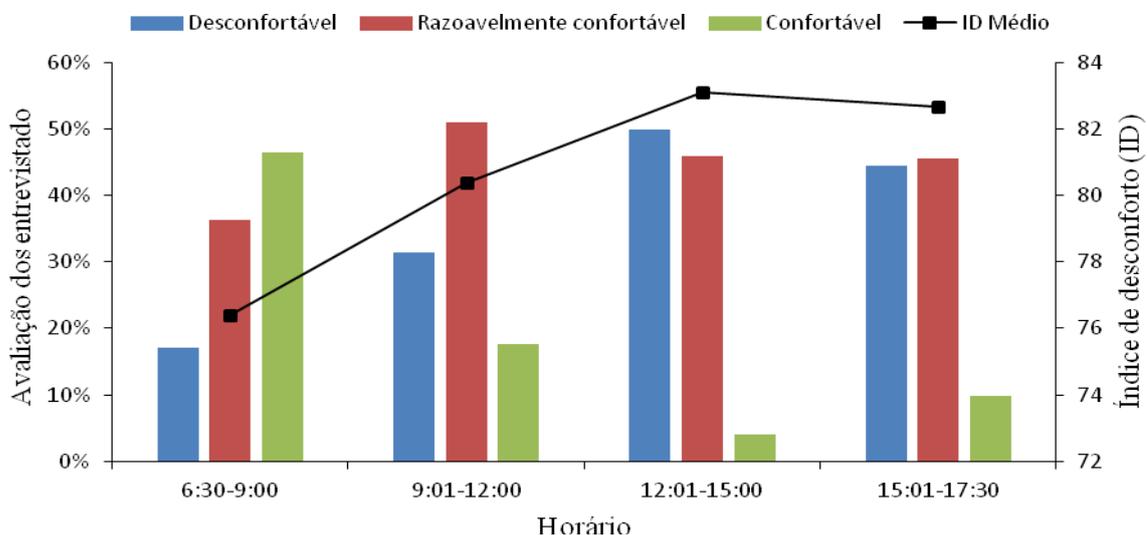


FIGURA 5: Índice de desconforto de Thom e a sensação de conforto expressada pelos transeuntes das praças arborizadas, na cidade de Patos –PB

FIGURE 5: Thom's discomfort index and the feeling of comfort expressed by passers of the squares with tree planting in the city of Patos –PB

Na figura 5, é importante destacar que, em todos os períodos de avaliação, ao longo do dia, houve uma alta porcentagem de pessoas que escolheram a condição de razoavelmente confortáveis (44,7%, em média, ao longo dia), mesmo no período das 12:01 às 15:00 (45,9%), quando se registrou o maior valor médio de ID (83,1).

Gomes e Amorim (2003) avaliaram o conforto térmico em três praças públicas da cidade de Presidente Prudente-SP, através do Índice de Desconforto de Thom, e, para isso, realizaram medições de temperatura e umidade relativa do ar em quatro horários (10:00 h, 16:00 h, 21:00 h e 22:00h). Os autores registraram resultados variáveis de conforto/desconforto térmico em todos os dias e horários avaliados. Eles salientam que o índice de Thom é considerado bastante eficiente para regiões tropicais como a região de Presidente Prudente.

Em estudo semelhante, realizado por Yousif e Tahir (2013) no Sudão, em que avaliaram o conforto térmico em seis locais do estado de Khartoum, utilizando Índice de Desconforto de Thom, com leituras de temperatura do bulbo seco e bulbo úmido a cada hora, no horário das 08:00 h às 18:00 h, no período dezembro de 2010 a novembro de 2011, os autores relataram que os resultados nos diferentes locais seguiram a mesma tendência, com

valores na faixa de desconforto durante quase todo o período avaliado. Eles reconhecem a falta de estudos fisiológicos da população de Sudão que ajudariam a compreender e revelar as reais condições de sensação térmica de sua população, assim como a falta de outros estudos regionais de conforto térmico que auxiliem na discussão dos dados.

Os resultados obtidos no presente estudo sugerem que ID de Thom não é um bom indicador do conforto térmico para cidades localizadas na região semiárida do Brasil como Patos-PB, porque, como foi observado na figura 5, desde as primeiras horas avaliadas (6:30 h às 9:30 h), em que a temperatura da cidade é menor, o índice já registra, em média, valores altos (>76), e, de acordo com Thom (1959), valores >75 representam desconforto para mais da metade da população, no entanto a maioria dos entrevistados no presente estudo manifestou se encontrar confortável durante esse período. Esses resultados sugerem a necessidade de se construir um Índice de Conforto/Desconforto térmico que se ajuste às particularidades climáticas e ambientais da região semiárida, que represente as características fenotípicas e metabólicas da população.

Para Oliveira (2003), apesar de existirem índices de conforto térmico mais completos que o índice de Desconforto de Thom, sua constante utilização está relacionada com o fato de envolver apenas informações meteorológicas, temperatura do bulbo seco e temperatura do bulbo úmido, normalmente disponíveis em estações meteorológicas e em bancos de dados. Entretanto, Abreu e Labaki (2010) salientam que, no caso do Brasil, vários índices de conforto térmico têm sido avaliados, mas poucos se adaptam a sua realidade porque cidades em latitudes diferentes necessitam de índices de conforto térmico igualmente distintos.

Situação semelhante foi reportada por Ruiz e Correa (2015), para a cidade de Mendoza, inserida na região árida da Argentina, que se caracteriza por apresentar alta intensidade de radiação solar ao longo do ano, alta temperatura no verão e escassas chuvas anuais. Salientam os autores que diversos estudos têm demonstrado insatisfação na estimativa do conforto térmico urbano local mediante a utilização de índices de uso frequente em nível internacional, com menos de 25% de predição, atribuindo estes resultados à diferença nas características climáticas com relação as regiões em que foram construídos e ajustados os índices.

Em estudo realizado por Abreu e Labaki (2010) na cidade de Campinas-SP, onde avaliaram a contribuição de árvores isoladas no conforto térmico mediante a estimativa de três índices de conforto térmico em ambientes externos, a Carta Bioclimática Tridimensional para clima Tropical de Altitude, o PET (Physiological Equivalent Temperature) e o PMV (Predicted Mean Vote), através da medição da temperatura ambiente e radiante em quatro

posições fixas – à sombra, a 2,5 m, e, ao sol, a 10 m, a 25 m e a 50 m do tronco da árvore, estando apenas as primeiras sob a copa. Baseados nos resultados, os autores afirmam que as espécies arbóreas avaliadas alteram a sensação de conforto térmico no entorno imediato, mesmo apresentando caducifolia como no caso de *Tabebuia chrysotricha*, evidenciando a capacidade termorreguladora das árvores.

É importante ressaltar que a temperatura ambiente é uma das variáveis climáticas de maior incidência no conforto térmico, portanto no bem-estar da população, especialmente em cidades localizadas em regiões semiáridas, com dias quentes e secos.

CONCLUSÕES

As espécies *Azadirachta indica* e *Tabebuia aurea* contribuem com a atenuação da radiação solar, apresentando diferenças significativas ao se comparar de forma independente a temperatura ambiente e a temperatura radiante sob e fora da copa das árvores, em quase todos os horários avaliados ao longo do dia, sendo *Tabebuia aurea* mais eficiente nessa função.

O Índice de Desconforto de Thom não se apresentou como um bom indicador do conforto térmico para a cidade de Patos-PB, por não representar adequadamente a sensação térmica dos habitantes que frequentam as praças públicas.

Agradecimentos

– A CAPES, pela concessão da bolsa de Mestrado

REFERÊNCIAS

ABREU, L.V.; LABAKI, L.C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, v.10, n.4, p.103-117, 2010.

BASSO, J.M.; CORRÊA, R.S. Arborização urbana e qualificação da paisagem. **Paisagem e Ambiente: Ensaios**, n.34, p.129-148, 2014.

DURANTE, L.; NOGUEIRA, M.C.J.A. Efeitos do sombreamento arbóreo nas condições termo-higrométricas e lumínicas de ambientes internos e externos de edificações. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** v.9, n.9, p.1980-1998, 2013.

GIRGIS, N.; ELARIANE, S.; ELRAZIK, M.A. Evaluation of heat exhausts impacts on pedestrian thermal comfort. **Sustainable Cities and Society**, 18 July 2015.

GOMES, M.A.S.; AMORIM, M.C.C.T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia**, v.10, n.7, p.94-106, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse do censo demográfico, 2010**. Disponível em:

<<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=11&uf=00>>. Acesso em 2 junho 2014.

KOPPEN, W. Tradução: CORRÊA, A.C.B. **Sistema Geográfico dos Climas. Notas e Comunicado de Geografia** – Série B: Textos Didáticos nº13. Ed. Universitária – UFPE, Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, p.31, 1996.

LACERDA, R.M.A.; LIRA FILHO, J.A.; SANTOS, R.V. Indicação de espécies de porte arbóreo para a arborização urbana no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**; v.6, n.1, p.51-68, 2011.

LUCENA, J. N.; SOUTO, P. C.; ZEA-CAMAÑO, J. D. C., SOUTO, J. S.; SOUTO, L. S. Arborização em canteiros centrais na cidade de Patos, Paraíba. **Revista Verde**, v.10, n.4, p.20-26, 2015.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; VIEZZER, J.; SILVA, D.A. O efeito microclimático do fragmento florestal existente no Parque Municipal do Barigui na cidade Curitiba-PR. **Ciência e Natura**, v.37, p.125-131, 2015.

MARTINI, A.; BIONDI, D. Microclima e conforto térmico de um fragmento de floresta urbana em Curitiba, PR. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.2, p.182-193, 2015.

MELO, R. R.; LIRA FILHO, J. A. DE; RODOLFO JÚNIOR, F. R. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.2, n.1, p.64-80, 2007.

NÓBREGA, C.C.; SOUTO, P.C.; ARAÚJO, L.H.B.; SILVA, A.C.F.; CALDAS, M.G. Análise quanti-qualitativa das espécies arbóreas presentes no parque religioso Cruz da Menina, Patos/PB. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p. 299-307, 2014.

OLIVEIRA, L.M.F.; YANAGI JUNIOR, R.; FERREIRA, E.; CARVALHO, L.G.; SILVA, M.P. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.3, p.823-831, 2003.

POTCHTER, O.; COHEN, P.; BITAN, A. Climatic behavior of various urban parks during hot and humid summer in the mediterranean city of Tel Aviv, Israel. **International Journal de Climatology**; v.26, n.12, p.1695–1711, 2006.

RIBEIRO, K.F.A.; VALIN JUNIOR, M.O.; SANTOS, F.M.M.; NOGUEIRA, M.C.J.A.; NOGUEIRA, J.S.; MUSIS, C.R. Análise da temperatura interna e superficial em diferentes sombreamentos arbóreos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.10, n.2, p.40-60, 2015.

RUIZ, M.A.; CORREA, E.M. Adaptive model for outdoor thermal comfort assessment in na Oasis city of arid climate. **Building and Environment**, v.85, p.40-51, 2015.

SANTOS, R.L.; ANDRADE, H.O. Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-Bahia, Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, n.40, p.77-84, 2008.

SILVA, D.A.; BIONDI, D.; MARTINI, A.; VIEZZER, J. Influência microclimática do Bosque Gutierrez na cidade de Curitiba-PR, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.19, p.2327-2338, 2014.

SILVA, M. F. **Avaliação da qualidade do ar utilizando espécies arbóreas na cidade de Patos-PB**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande. 2011. 51p.: il. color. 2011.

SOUSA, J.G. **Diagnóstico da arborização e percepção ambiental em seis bairros da cidade de Patos, Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande. 2014. 68p.: il. color. 2014.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, n.2, p.57–61, 1959.

VIEZZER, J.; BIONDI, D.; MARTINI, A.; SILVA, D.A. O benefício microclimático proporcionado pela Praça Alfredo Andersen na cidade de Curitiba-PR. **Ciência e Natura**, v.37, p.138-143, 2015.

YOSHIDA, A.; HISABAYASHI, T.; KASHIHARA, K.; KINOSHITA, S.; HASHIDA, S. Evaluation of effect of tree canopy on thermal environment, thermal sensation, and mental state. **Urban Climate**, v.14, n.2, p.240-250, 2015.

YOUSIF, T.A.; TAHIR, H.M.M. Application of thom's thermal discomfort index in Khartoum state, Sudan. **Journal of Forest Products & Industries**, v.2, n.5, p.36-38, 2013.

RECOMENDAÇÕES GERAIS

A contaminação atmosférica contínua por particulados e/ou metais pesados tem influência direta sobre o mecanismo estomático e a capacidade fotossintética de indivíduos arbóreos utilizados na arborização urbana, quando demonstrada sua função bioindicadora, porém, outros estudos deverão ser desenvolvidos para melhor avaliar o comportamento dos indivíduos arbóreos com diferentes morfologias foliares a essa condição de estresse.

A presença diversificada de indivíduos arbóreos no ambiente urbano servirá como barreira de impedimento já que a copa das árvores, principalmente as de porte elevado como a *Tabebuia aurea*, são eficientes retentoras de particulados dispersos na atmosfera, contribuindo com a melhoria da qualidade do ar nas áreas urbanas.

Há necessidade de construção de um Índice de Conforto/Desconforto adaptado às condições específicas de regiões semiáridas, o que permitirá a estudos futuros uma melhor avaliação das condições e, conseqüentemente, um melhor planejamento nos projetos de arborização das áreas verdes urbanas.

ANEXOS

ANEXO A – Normas para publicação na revista Floresta e Ambiente

**NORMAS DE PUBLICAÇÃO*****ESCOPO E POLÍTICA***

FLORESTA E AMBIENTE é um periódico científico, de acesso gratuito, iniciado em 1994 e publicado pelo Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, na forma impressa (ISSN 1415-0980) e eletrônica (ISSN 2179-8087). Tem como objetivo divulgar artigos originais, artigos de revisão ou atualização bibliográfica e artigos de comunicação, relacionados a Ciência Florestal. Serão considerados aceitos para submissão e publicação artigos relacionados as seguintes áreas temáticas da Ciência Florestal: Silvicultura, Manejo Florestal, Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, Energia de Biomassa Florestal e Conservação da Natureza. Os artigos devem se enquadrar na vanguarda da ciência pura e aplicada. São considerados Artigos de Pesquisa aqueles cujo resultados decorreram de informações concretas de dados obtidos experimentalmente ou coletados da literatura ou de outras fontes fidedignas. Artigos de revisão são considerados artigos de conteúdo especial cuja relevância se enquadra na necessidade de base literária completa de um determinado tema. Artigos de Comunicação Científica são artigos que descrevem um evento de caráter inovador e de suma importância na área da Ciência Florestal.

Floresta e Ambiente mantém elevados padrões éticos sobre publicações e colaboradores e critérios rigorosos de qualidade de artigos publicados. A revista escolhe árbitros éticos que são qualificados e capazes de realizar uma revisão imparcial, buscando sempre a crítica construtiva e profissional.

FORMA E PREPARAÇÃO DE MANUSCRITOS**TIPOS DE MANUSCRITOS**

Artigos de Pesquisa: são trabalhos cujos resultados decorreram de informações concretas de dados obtidos experimentalmente ou coletados da literatura ou de outras fontes fidedignas. Estruturado em: Introdução e Objetivos; Material e Métodos; Resultados e Discussão (podendo ser em itens separados); Conclusões; e Referências Bibliográficas. Deve ser apresentado em texto de no máximo 20 páginas, considerando o espaçamento duplo entre linhas, podendo conter tabelas e figuras (gráficos e fotos).

Artigo de Revisão: As submissões de artigo de revisão só serão aceitos mediante convite do conselho Editorial. Estes são considerados artigos de conteúdo especial cuja relevância se enquadra na necessidade de base literária completa de um determinado tema. Deve ser apresentado em texto de no máximo 30 páginas considerando o espaçamento duplo entre linhas, podendo conter tabelas e figuras.

Comunicação Científica: são artigos que descrevem um evento de caráter inovador e de suma importância nas áreas das Ciências Florestais e Ambientais. Deve ser redigida de modo claro focalizando diretamente os resultados e/ou propostas originais. Espera-se que as Comunicações Científicas contenham importantes contribuições para a comunidade científica. As Comunicações não seguem as divisões clássicas de um trabalho tradicional, devendo fluir em texto único, colocando-se em notas detalhes técnicos e outros comentários relevantes. Podem ser incluídas figuras e tabelas. Toda a comunicação não deve ultrapassar o limite de 6 páginas considerando o espaçamento duplo entre linhas.

IDIOMA

Serão aceitos para submissão trabalhos em Português, Espanhol e Inglês cujos temas enquadram-se na vanguarda da ciência pura e aplicada. Cada trabalho deverá obrigatoriamente ser enquadrado como Artigo de Pesquisa, Artigo de Revisão ou Comunicação Científica.

Caso o(s) autor(es) desejar(em) publicar artigos em inglês não haverá a necessidade da tradução do título, abstract, palavras-chave, tabelas e figuras para a língua portuguesa. Neste caso o trabalho será integralmente submetido na língua inglesa.

Qualquer que seja o idioma, o trabalho aceito será publicado na íntegra na versão Eletrônica (ISSN: 2179-8087) e na versão Impressa (1415-0980)

AUTORES

O número máximo de autores por artigo é de 05 (cinco). Artigos que contenham mais que 05 (cinco) autores, será necessário enviar uma carta ao editor chefe, no momento da submissão, informando qual é a contribuição científica de cada um deles. A falta desta implicará no cancelamento da submissão.

Não será permitido inclusão de novos autores após a submissão do artigo ter-se finalizada. Em sendo extremamente necessária a inclusão de novos nomes, a revista deverá ser comunicada. Neste caso, a submissão será cancelada e o artigo terá que ser submetido novamente e uma nova fase de avaliação será iniciada. Observa-se ainda que todos os nomes de autores somente podem ser incluídos no campo específico do sistema de submissão e nunca no corpo do texto do artigo.

AVALIAÇÃO PELOS PARES

Todos os trabalhos enviados à FLORAM serão submetidos à avaliação dos pares (peer review) selecionados pelo Editor Chefe ou pelos Editores Associados. Os pareceristas responderão a um questionário com questões específicas sobre o artigo. Ao final farão comentários gerais sobre o trabalho e informarão se o mesmo deve ser publicado, corrigido segundo as recomendações ou rejeitado definitivamente. De posse destes dados, o Editor Chefe tomará a decisão final. Em caso de discrepâncias entre os pareceristas, poderá ser solicitada uma nova opinião para melhor julgamento. Quando forem sugeridas modificações, as mesmas serão encaminhadas ao autor principal e em seguida aos revisores para estes verificarem se as exigências foram cumpridas. Após a editoração, os manuscritos serão enviados ao autor para que o mesmo verifique se o mesmo não contém erros. Todo o processo será realizado pelo sistema “online”. Em caso de atraso, um novo avaliador será escolhido, o mesmo acontecendo se algum dele se recusar a analisar o trabalho. Para a avaliação dos artigos a revista adota o sistema de assessoria conhecido como duplo cego, ou seja, o(a) parecerista não sabe quem é(são) o(s) autor(es) do trabalho que está sendo analisando e o(s) autor(es) não sabe(m) quem fez a revisão de seu trabalho.

CONFLITO DE INTERESSES E DIREITOS AUTORAIS

Caso haja algum conflito de interesse, os autores devem indicar qual ou quais, durante o processo de submissão dos artigos. Concomitantemente os autores devem transferir os direitos autorais do trabalho para a Floresta e Ambiente

APRESENTAÇÃO DOS MANUSCRITOS (TEXTO)

- Formatação: Os textos devem ser editados em Word for Windows, com espaço duplo, em papel tamanho A4 (21 x 29,7 cm), com margem superior, inferior, direita e esquerda de 2,5 cm, fonte Times New Roman 12 e não deverá ter numeração de páginas. Figuras, tabelas e ilustrações devem estar inseridas no corpo do texto.

- Corpo do Texto: Deve ser Estruturado conforme os requisitos apresentados no item tipos de manuscritos (citados anteriormente).

Primeira página dos artigos submetidos em PORTUGUÊS E ESPANHOL:

Título: Objetivo e sucinto, evitando expressões como “Estudos sobre; Contribuição ao; Sobre um; Levantamento de; Investigação de, etc.” com no máximo 12 palavras. Todas as palavras em caixa baixa e nome(s) científico(s) em itálico em texto centralizado. O título quando contiver nome científico deve ser evitada menção ao nível taxonômico hierárquico superior a que a espécie pertence. Somente use nome vulgar caso a espécie seja amplamente conhecida e inequívoca.

Title: Colocar o Título em Inglês.

Resumo: Deve conter no mínimo 40 e no máximo 150 palavras e 3 palavras-chave.

Abstract: Colocar o resumo em Inglês.

Palavras-chave: Inserir de três a cinco palavras-chave. Não se deve repetir palavras que já estejam no título do trabalho.

Keywords: Colocar as palavras-chave em Inglês.

OBS: Não colocar nomes dos autores, filiação, endereço de e-mail, agradecimentos e fonte de financiamento. Essas informações serão coletados durante a submissão do artigo através do sistema de submissão.

Primeira página dos artigos submetidos em INGLÊS:

Title: Colocar o Título em Inglês.

Abstract: Colocar o resumo em Inglês.

Keywords: Colocar as palavras-chave em Inglês.

OBS: Quando o artigo for submetido na língua inglesa não há a necessidade da inclusão do título, resumo e palavras-chaves na língua portuguesa. Todo e qualquer texto deve estar somente na língua inglesa.

FIGURAS, TABELAS, EQUAÇÕES E UNIDADES DE MEDIDAS

Figuras: Devem ser apresentadas com resolução satisfatória (acima de 300 dpi). O título deve ser auto-explicativo, escrito em Português/Espanhol e Inglês, numerado em algarismo arábico, alinhado na margem esquerda e posicionado logo abaixo da figura. Aqui incluem-se gráficos, fotografias (nítidas e com contraste), desenhos, etc. Todas as figuras devem estar citadas no texto.



Figura 1. Localização da Serra da Concórdia. (Somente quando o artigo for submetido em Português)

Figure 1. Localization of Serra da Concórdia. (Título em Inglês obrigatório em qualquer versão)

OBSERVAÇÕES: Imagens coloridas são publicadas somente na versão eletrônica da revista; Quando o artigo for submetido na **língua inglesa**, não há a necessidade da inclusão do título da FIGURA na língua portuguesa

Tabelas: Devem complementar e não duplicar o texto, numeradas em algarismos arábicos e enviadas em formato editável. O título deve ser auto-explicativo, escrito em Português/Espanhol e Inglês, alinhado na margem esquerda e posicionado acima da tabela. Todas as tabelas devem estar citadas no texto.

Tabela 1. Classes de uso do solo na Serra da Concórdia. (Somente quando o artigo for submetido em Português)

Table 1. Classes of land use of Serra da Concórdia. (Título em Inglês obrigatório em qualquer versão)

Atividade	Posição	Repetição
Roçada	2/1/7/1	32
Coveamento	2/1/3/1	30
Adubação	2/1/2/1	28
Desrama	4/1/3/1	28

OBSERVAÇÃO: Quando o artigo for submetido na língua **inglesa**, não há a necessidade da inclusão do título da TABELA na língua portuguesa

Equações: Devem ser numeradas e citadas no texto.

Unidades de medidas: Devem ser apresentadas conforme o Sistema Internacional de Unidades (SI).

CITAÇÕES

Devem ser apresentadas conforme sistema autor-data

- **Um autor:** Gottlieb (1996) ou (Gottlieb, 1996)
- **Dois autores:** Stell & Torres (1989) ou (Stell & Torres, 1989)
- **Mais de dois autores:** Valle et al. (1998) ou (Valle et al., 1998)

REFERÊNCIAS

As referências devem seguir o estilo Vancouver, apresentadas em ordem alfabética. Deve-se digitar as referências na margem esquerda usando-se espaço simples (um) entre as linhas e espaço duplo para separar as referências entre si.

Nas referências, apresentar até os 6 primeiros autores. Para obras com mais de 6 autores apresentar o nomes dos 6 primeiros seguidos da expressão et al. Ex: Mattos ADM, Jacovine LAG, Valverde SR, Agostinho LS, Silva ML, Lima, JE et al.

Deve-se evitar citação de resumos simples, resumos expandidos de Congressos ou de outro evento científico de mesma natureza.

Os exemplos de referências:

Livros e folhetos

Harborne JB. *Introduction to ecological biochemistry*. 3rd ed. London: Academic Press; 1988.

Capítulo de livro

Kuiters AT, van Beckhoven K, Ernst WHO. Chemical influences of tree litters on herbaceous vegetation. In: Fanta J, editor. *Forest dynamics research in Western and Central Europe*. Wageningen: Pudoc; 1986.

Artigos publicados em revistas científicas

Latorraca JVF, Albuquerque CEC. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. *Floresta e Ambiente* 2000; 7(1): 279-291.

Artigos aceitos para publicação

Almeida MV. Qualidade da madeira de *E. urophylla* da região de Seropédica – RJ. *Floresta e Ambiente*. In press.

Santana R. Effect of the fost growth on the wood. *Floresta e Ambiente*. In press.

Monografias, dissertações e teses (Deve-se evitar)

Roque RM. *Manejo de Virola surinamensis no estuário amazônico* [monografia]. Seropédica, RJ: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 1998.

Paiva SR. *Aspectos da biologia celular e molecular de espécies de Plumbaginaceae* [dissertação]. Rio de Janeiro: Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro; 1999.

Brito EO. *Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de Pinus elliottii Engelm. Var. Elliottii plantado no sul do Brasil* [tese]. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná; 1995.

Congressos, conferências, encontros e outros eventos (Deve-se evitar)

Congresso Brasileiro de Florestas Tropicais; 1985; Belém. Belém: Livros Técnicos; 1985.

Trabalhos apresentados em congresso (Deve-se evitar)

Fernandes FS, Ferreira MC, Stape JL. Sistemas alternativos de produção de mudas de *Eucalyptus*. In: *Anais do V Congresso Florestal Brasileiro*; 1986; Olinda. São Paulo: Soc. Bras. de Silvicultura; 1986. p. 73.

Silva EA, Lara FM. Influência de genótipos de *Solanum* spp na predação de *Myzus persicae* por *Cycloneda sanguinea*. In *Resumos do VII Congresso Brasileiro de Entomologia*; 1998; Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Nova; 1998. p. 23.

Barnett JP. Relating seedling morphology and physiology of container-grown southern pines to field success. In *Proceedings of Convention of the Society of American Foresters*; 1983; New Orleans. New Orleans: USDA; 1983. p. 405-409.

Referências legislativas

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Portaria n. 187, de 16 de setembro de 1998. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF (1998 set. 24); Sec. 2: 8301-8302.

Documentos eletrônicos

Bellato MA, Fontana DC. *El niño e a agricultura da região Sul do Brasil*. [cited 2001 abr. 6]. Available from: <http://www.cntp.embrapa.br/agromet/elniño2>.

Documentos em CD-ROM

Palma HAL, Ballarim AW. Demarcação e densidade da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. In: *Anais do Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estrutura de Madeiras*[CD-ROM]; 2002; Uberlândia. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. EB 117.01.

Artigo de jornal

Nunes E. Madeiras alternativas da Amazônia. *Jornal do Brasil* 2000 ago. 20; p. 14.

Normas técnicas

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR-6023: informação e documentação – referências – elaboração*. Rio de Janeiro; 2000.

Patentes

Nogueira MM. *Branqueamento de celulose kraft através de oxigênio*. BR. n. MT023467. 1978 maio 31.

Casa Erlan Ltda, Silva MA. *Embalagens especiais*. BR n. DT456345. 1990 out. 12.

Traduções

Willeitner H. *Proteção florestal*. Trad. M Peixoto. São Paulo: Nova; 1985. Original em inglês.

ENVIO DE MANUSCRITOS**SUBMISSÃO DOS ARTIGOS**

Submissão do artigo: A submissão de um artigo implica: que o mesmo não foi publicado anteriormente; que não está sob avaliação para publicação em qualquer outro periódico; que a sua publicação foi aprovada por todos os co-autores e instituição onde o mesmo foi realizado. O editor não se responsabilizará legalmente pelo conteúdo do mesmo.

Permissões: Os autores que incluírem figuras, tabelas ou textos que já tenham sido publicados em outros lugares, terão que obrigatoriamente citar a fonte e o ano dos mesmos. Todo o material sem essa citação vai ser assumido como origem dos autores.

Submissão online: A submissão dos artigos devem ser via sistema de submissão, disponível no site: www.floram.org (submissão de artigos) ou www.scielo.br/floram. Os autores devem verificar se possuem cadastro no sistema, caso não cadastrado, devem fazê-lo antes de submeter o artigo. Após “login” os autores devem acessar o “Painel do Autor” localizado no menu superior esquerdo e seguir as instruções de submissão fornecidas pelo sistema. O manuscrito deverá ser enviado em único arquivo, com título, texto e figuras/tabelas. Como garantia do anonimato no processo de revisão pelos pares, não devem constar no arquivo os seguintes itens: autores, afiliação, fontes de financiamento e agradecimentos. Essas informações serão coletadas por meio do sistema de submissão. Cabe ao Editor, de imediato, recusar o artigo que não se enquadre dentro das normas vigentes.

ANEXO B – Normas para publicação na Revista Ciência florestal



DIRETRIZES PARA AUTORES

1. A revista CIÊNCIA FLORESTAL publica artigos técnico-científicos inéditos, resultantes de pesquisa de interesse da área florestal. Também são aceitas notas técnicas e artigos de revisão. Os textos podem ser redigidos em português, inglês ou espanhol.

2. Para submeter um trabalho para publicação são cobrados os seguintes valores:

§1Taxa de submissão: R\$50,00 (cinquenta reais). O pagamento dessa taxa não garante a publicação do trabalho.

§2Taxa de publicação: R\$250,00 (duzentos e cinquenta reais). Esse valor deve ser recolhido somente após o aceite do trabalho.

Os valores devem ser depositados na conta corrente n. 220611-0, da agência do Banco do Brasil n. 1484-2 (FATEC - CNPJ: 89.252.431/0001-59). O comprovante do depósito da taxa de submissão deverá ser enviado juntamente com o trabalho. O comprovante da taxa de publicação deverá ser enviado a CIÊNCIA FLORESTAL, por fax (55-3220.8444/22) ou e-mail (cienciaflorestal@ufsm.br), informando o nome do trabalho ao qual se refere o depósito. Os valores depositados não serão devolvidos.

3. Os manuscritos devem ser encaminhados à revista via online por meio da PLATAFORMA SEER. O autor que cadastra o artigo assume a responsabilidade pelas informações, que os demais autores estão de acordo com submissão e que o artigo é inédito. Os conceitos e afirmações emitidas no artigo são de exclusiva responsabilidade dos autores. Contudo, o Conselho Editorial reserva-se o direito de solicitar ou sugerir modificações no texto original.

4. Os artigos devem ser organizados na seguinte sequência:

4.1. Artigo científico e nota técnica: Título, Resumo, Introdução com Revisão de Literatura, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências Bibliográficas. Antes do item Referências Bibliográficas, quando apropriado, mencionar a aprovação pela Comissão de Ética e Biossegurança da Instituição.

4.2. Artigo de revisão bibliográfica: Título, Resumo, Introdução, Desenvolvimento, Considerações finais, Agradecimentos e Referências Bibliográficas.

5. O manuscrito deve ser editado no Microsoft Word, com espaço simples, linhas numeradas continuamente e sem os nomes dos autores, fonte Times New Roman, tamanho 11, tabulação de 1,25 cm, formato A4, com 2 cm de margens esquerda, inferior e superior, e 1,5 cm de margem direita, orientação retrato e máximo de 12 páginas.

6. O Título do manuscrito, com no máximo duas linhas, deve ser centralizado e em negrito, com letras maiúsculas, redigido em português ou espanhol, seguido da versão em inglês.

7. O Resumo deve ser apresentado em um único parágrafo e redigido em dois idiomas, sendo um deles o inglês. As palavras RESUMO e ABSTRACT devem ser redigidos em letras maiúsculas e centralizados.

8. Logo após o texto do Resumo e do Abstract devem ser incluídos os termos Palavras-chave e Keywords, respectivamente, com alinhamento à esquerda, contendo até quatro termos, separados por ponto e vírgula.

9. Os grandes itens devem ser escritos em letras maiúsculas, alinhados à esquerda. Os demais itens devem obedecer à seqüência exemplificada a seguir:

MATERIAL E MÉTODO - (item primário) - todo em maiúsculas e negrito.

Caracterização do local - (item secundário) - só a inicial maiúscula e em negrito.

Solo - (item terciário) - só a inicial maiúscula, em negrito e itálico.

Horizonte A - (item quaternário) - só a inicial maiúscula, em itálico.

10. As siglas e abreviaturas, ao aparecerem pela primeira vez no trabalho, deverão ser colocadas entre parênteses, precedidas do nome por extenso.

11(**alterada**). Figuras (gráficos e fotografias), com resolução mínima de 300dpi, PODENDO SER EM CORES, sem-contorno. As dimensões (largura e altura) não podem ser maiores que 17 cm, sempre com orientação da página na forma retrato (fonte: Times New Roman, tamanho da fonte: 11, não-negrito e não-itálico).

12. As figuras e tabelas devem ser auto-explicativas e alocadas no texto logo após sua primeira chamada. A identificação das mesmas deve ser expressa em dois idiomas, sendo um deles o inglês. As tabelas devem ser produzidas em editor de texto (Word) e não podem ser inseridas no texto como figuras. Para tabelas com conteúdo numérico, as vírgulas devem ficar alinhadas verticalmente e os números centralizados na coluna.

13. Nomes científicos devem ser escritos por extenso (Ex: Araucaria angustifólia) e em itálico.

14. Fórmulas editadas pelo módulo Equation Editor, do Microsoft Word, devem obedecer à fonte do texto, com símbolos, subscripto/sobrescrito etc., em proporções adequadas.

15. Citações bibliográficas serão feitas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, usando o sistema "autor-data". Todas as citações mencionadas no texto devem ser relacionadas na lista de Referências Bibliográficas, de acordo com a norma NBR 6023 da ABNT.

16. Na versão final do artigo o autor deve inserir os nomes dos co-autores, posicionados logo abaixo do título em inglês, e identificados com número seqüencial sobrescrito. O chamamento dos autores deve ser indicado no rodapé da primeira página, antecedido do número de identificação.

17. Os manuscritos submetidos à revista passam pela triagem inicial do comitê de área, são enviados para revisores ad hoc, devolvidos aos autores para correções e, posteriormente, passam pela avaliação final do Conselho Editorial. Os artigos aceitos são publicados preferencialmente na ordem de aprovação e os não-aceitos são comunicados aos autores. Não são fornecidas separatas. Os artigos estão disponíveis, no formato "pdf", no endereço eletrônico da revista (www.ufsm.br/cienciaflorestal).

18. Em caso de dúvidas, consultar os artigos já publicados ou o Conselho Editorial no e-mail cienciaflorestal@ufsm.br.

AUTOR CUIDADO!

Ao receber o trabalho para ajustes, NÃO POSTE O TRABALHO COMO UM NOVO TRABALHO e sim vá até AVALIAÇÃO (Versão do Autor, Procurar e Transferir) e poste o arquivo corrigido lá. Para postar como um novo trabalho tem que ter a AUTORIZAÇÃO do Editor, solicitado pelo e-mail cienciaflorestal@ufsm.br, informando o nome completo do trabalho, senão o trabalho fica duplicado no sistema.

CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. *A contribuição é original e inédita, e **NÃO** está sendo avaliada para publicação por outra revista.
2. *Os arquivos para submissão estão em formato Microsoft Word (DOC ou RTF), não ultrapassando os 2MB.
3. *O texto do trabalho deve estar conforme as NORMAS da revista (em espaço simples, com linhas numeradas de forma continuada, fonte 11 Time New Roman, empregando itálico em vez de sublinhado (exceto em endereços URL), Figuras e Tabelas inseridas no texto (logo após o seu chamamento - Figuras em alta resolução, com no mínimo 300 dpi - formato JPEG, RGB ou EXCEL). Leia demais instruções nas NORMAS. Os trabalhos não devem exceder as 12 páginas em espaço simples. **ATENÇÃO:** trabalhos fora das NORMAS serão devolvidos.
4. *O item 2, §1 das NORMAS foi cumprido? (recolhimento da **Taxa de Submissão** no valor de R\$50,00 - cinquenta reais - CC 220.611-0, Ag. BB 1484-2, conta do Projeto da revista junto a Fundação). O recibo deve ser enviado com ARQUIVO "Documento Suplementar", logo após o envio do arquivo contendo o trabalho, com o nome **COMPROVANTE** (através da digitalização do Recibo de Depósito Bancário ou de Transferência, no formato JPG, PDF, BMP, GIF ou JPEG).
5. *O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para Autores (NORMAS), na seção **SOBRE - Submissões**.
6. *A **identificação de autoria do trabalho foi removida do arquivo e da opção Propriedades no Word** (CUIDADO: verifique as partes em negrito), garantindo desta forma o critério de sigilo da revista, caso submetido para avaliação por pares (ex.: artigos), conforme instruções disponíveis em Assegurando a Avaliação Cega por Pares.

DECLARAÇÃO DE DIREITO AUTORAL

A CIÊNCIA FLORESTAL se reserva o direito de efetuar, nos originais, alterações de ordem normativa, ortográfica e gramatical, com vistas a manter o padrão culto da língua, respeitando, porém, o estilo dos autores.

As provas finais poderão ou não ser enviadas ao autor.

Os trabalhos publicados passam a ser propriedade da revista CIÊNCIA FLORESTAL, sendo permitida a reprodução parcial ou total dos trabalhos, desde que a fonte seja citada. Os originais não serão devolvidos aos autores.

As opiniões emitidas pelos autores dos trabalhos são de sua exclusiva responsabilidade.

Cada autor receberá um exemplar da revista.

POLÍTICA DE PRIVACIDADE

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.