

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE *Licania tomentosa* (Benth.) COMO BIOINDICADORA DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA CIDADE DE RIO VERDE - GO¹

*EVALUATION OF THE POTENTIAL OF *Licania tomentosa* (Benth.) AS AN ATMOSPHERIC POLLUTION BIOINDICATOR IN THE CITY OF RIO VERDE - GO*

Ubiratã Henrique de Brito², Márcio Rosa³

RESUMO

O biomonitoramento utiliza as respostas dadas por sistemas biológicos (bioindicadores) para identificar a concentração de poluentes através de análises bioquímicas e fisiológicas. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto da qualidade do ar atmosférico na cidade de Rio Verde – Goiás sobre as características fisiológicas em tecidos foliares de *Licania tomentosa* (Benth.). Foram coletados tecidos foliares em três pontos distintos na cidade de Rio Verde, centro comercial, bairro residencial e Campus da UniRV (região de impacto mínimo). As folhas foram coletadas e acondicionadas em sacos plásticos e imediatamente levadas para as análises fisiológicas (fluorescência da clorofila a, pigmentos foliares e tolerância protoplasmática) e de teor de macro (N, P, K Ca, Mg, S) e micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn). Inferia-se que a área central de cidade de Rio Verde recebe uma pressão maior de agentes poluentes devido ao tráfego intenso de veículos, especialmente nos dias úteis da semana. No entanto, as plantas de *L. tomentosa* crescidas nesta localidade, não tiveram comprometimento do aparato fotossintético, como observado nos dados de fluorescência da clorofila e de concentração de pigmentos cloroplastídicos, nem danos à permeabilidade de membranas como demonstrado na avaliação de tolerância protoplasmática. As análises fisiológicas feitas neste estudo não evidenciaram contrastes significativos de poluição atmosférica em diferentes localidades na cidade de Rio Verde – GO.

Palavras-chave: fluorescência da clorofila, oiti, pigmentos, tolerância protoplasmática

ABSTRACT

Biomonitoring uses the responses given by biological systems (bioindicators) to identify the concentration of pollutants through biochemical and physiological analyzes. The objective of this study was to evaluate the impact of atmospheric air quality in the city of Rio Verde - Goiás on the physiological characteristics in leaf tissues of *Licania tomentosa* (Benth.). Leaf tissues were collected at three distinct points in the city of Rio Verde, commercial center, residential neighborhood and Campus of UniRV (region of minimum impact). The leaves were collected and conditioned in plastic bags and immediately taken for physiological analyzes (chlorophyll fluorescence, foliar pigments and protoplasmic tolerance) and macro (N, P, K Ca, Mg, S) and micronutrients (Fe, Mn, Cu, Zn). It was inferred that the central city area of Rio Verde receives a greater pressure of pollutants

¹ Artigo apresentado a Faculdade de Engenharia Ambiental como parte de requisitos para obtenção do título de Engenheiro Ambiental, Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde – Rio Verde, GO.

² Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade de Rio Verde – Rio Verde, GO. E-mail: ubritto4@gmail.com.

³ Orientador, Professor da Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde – Rio Verde, GO. E-mail: marcio1506-@hotmail.com.

due to the heavy traffic of vehicles, especially on weekdays. However, *L. tomentosa* plants grown in this locality had no impairment of the photosynthetic apparatus, as observed in chlorophyll fluorescence and leaf pigment concentration data, nor damage to membrane permeability as demonstrated in the evaluation of protoplasmic tolerance. The physiological analyzes made in this study did not show significant contrasts of atmospheric pollution in different locations in the city of Rio Verde - GO.

Key words: chlorophyll fluorescence, oiti, pigments, protoplasmic tolerance

INTRODUÇÃO

A espécie arbórea *Licania tomentosa* (Benth.), chrysobalanaceae, popularmente conhecida por oiti, é muito utilizada na arborização urbana por oferecer excelente sombra e efeito ornamental através de sua copa frondosa com cerca de 8 a 15 metros de altura e se destaca pela resistência aos poluentes (LORENZI, 2002).

A presença de poluentes atmosféricos no crescimento urbano ameaça a saúde e a qualidade de vida das pessoas e demais seres vivos, e assim, tem despertado o desenvolvimento de métodos de estudo de processos poluidores (CARNEIRO, 2004). O biomonitoramento utiliza as respostas dadas por sistemas biológicos (bioindicadores) para identificar e medir a concentração de poluentes através de análises bioquímicas e fisiológicas (MAIOLI, et al., 2008). Os bioindicadores são comunidades de organismos, que podem demonstrar algumas alterações ambientais, através de alterações que acontecem na sua composição química quando reagem ao estresse pela acumulação de substâncias nos tecidos. Os organismos introduzidos no meio são chamados de monitores ativos e os organismos monitores presentes no ecossistema são conhecidos como monitores passivos (MAIOLI et al., 2008).

Segundo Braga et al. (2001), a poluição atmosférica tem sido um grave problema nos centros urbanos industrializados, com a presença cada vez maior dos automóveis, que vieram somar com as indústrias, como fontes poluidoras. As fontes veiculares muitas vezes sem o controle necessário quanto à qualidade do combustível, dos motores e mecanismos de filtragem dos gases emitidos pelos mesmos, têm tido uma participação acentuada na degradação da qualidade do ar atmosférico, principalmente em áreas de alto tráfego urbano. Os principais poluentes atmosféricos são o ozônio, dióxido de enxofre, aerossóis, ácidos, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio. Essas substâncias podem causar sérios danos à saúde como doenças cardíacas, doenças respiratórias ou morte.

A realização de estudo com *Licania tomentosa* (Benth.) para bioindicação de qualidade do ar atmosférico em Rio Verde se justifica, primeiramente, pela escassez de abordagens acerca da qualidade do ar nesse município, o qual passou por um processo

significativo de crescimento populacional nas últimas décadas, atingindo atualmente uma população de aproximadamente 200 mil habitantes (IBGE, 2016). Merece atenção também pela presença de agroindústrias com potencial poluidor, situadas dentro ou próximas da área urbana. Além disso, é verificado um intenso tráfego de veículos, que ocorre, principalmente, na área central. Segundo o IBGE (2015), a frota de veículos automotores no município é de aproximadamente cem mil veículos.

Diante disso, objetivou-se neste estudo determinar o impacto da qualidade do ar atmosférico na cidade de Rio Verde - GO, por meio da avaliação das características fisiológicas em tecidos foliares de *Licania tomentosa* (Benth.).

METODOLOGIA

Tecidos foliares de *L. tomentosa* foram coletados em três pontos dentro do perímetro urbano na cidade de Rio Verde. No estudo de área antropizada foram realizadas amostragens na Praça 5 de agosto (17°47'52''S e 50°55'43''O), localizada no centro da cidade, com intenso tráfego de veículos e na Rua 14, no Bairro Popular (17°47'01''S e 50°55'15''O), em local com tráfego mediano, típico de área residencial da cidade de Rio Verde - GO. As amostragens realizadas na Fazenda Fontes do Saber, nas imediações da Faculdade de Medicina Veterinária (da Universidade de Rio Verde (17°47'16''S e 50°57'51''O) foram relacionadas como sendo o controle (região pouco impactada). As amostragens em cada região constituíram de 6 a 8 árvores jovens, num raio de até 200 m (Figuras 1 e 2).

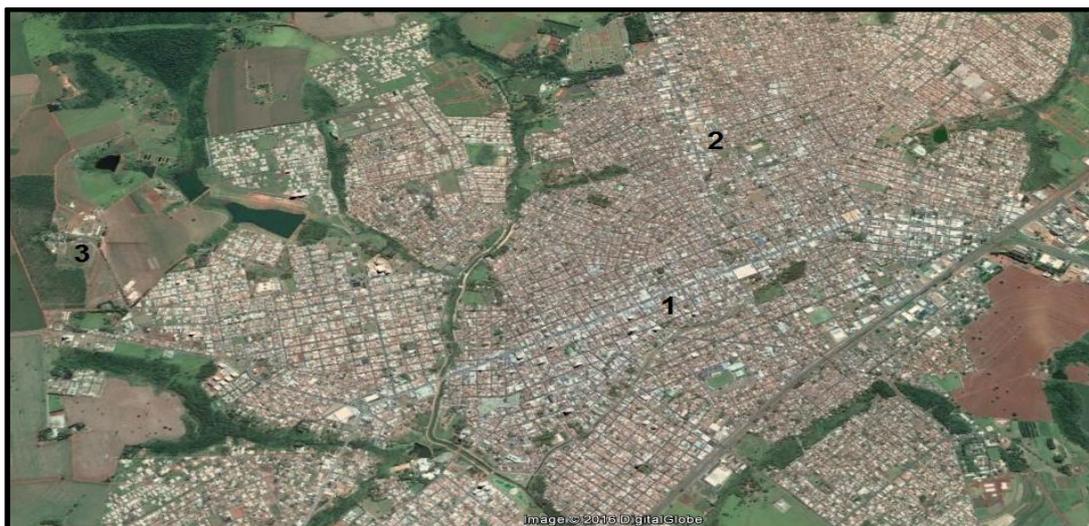


Figura 1. Áreas onde foram feitas as amostragens: 1- Centro; 2- Bairro Popular; 3- Fazenda Fontes do Saber – UniRV. Fonte: Google Earth®



Figura 2. Aspectos das plantas amostradas no seu local de crescimento: 1- Centro; 2- Bairro Popular; 3- Fazenda Fontes do Saber – UniRV. Fonte: arquivo pessoal.

As folhas foram coletadas na manhã do dia 28 de outubro de 2016, acondicionadas em sacos plásticos e imediatamente levadas para as análises laboratoriais.

Detalhamento das avaliações

Fluorescência da clorofila *a* e Imagem da fluorescência da clorofila *a*

As variáveis de fluorescência da clorofila *a* foram avaliadas por meio de fluorômetro modulado Imaging-PAM (Heinz Walz, Effeltrich, Germany). Os sinais de fluorescência em todos os pontos da área foliar analisada foram capturados por uma câmera CCD (*Charge Coupled Device*) acoplada ao aparelho a qual forneceu as imagens para o computador, conforme descrito por Oxborough (2004). Para as avaliações as folhas foram adaptadas ao escuro para que os centros de reação estivessem completamente abertos (todos os aceptores primários oxidados) com perda de calor mínima.

As variáveis de indução da fluorescência obtidas foram: fluorescência inicial (F_o) e fluorescência máxima (F_m). A partir desses valores foi obtido o rendimento quântico potencial do fotossistema II (FSII), $F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$ (GENTY et al., 1989). As variáveis da fase lenta de indução da fluorescência foram obtidas sequencialmente com a aplicação de uma iluminação actínica e um pulso de luz actínica saturante para a determinação das variáveis: fluorescência em amostra adaptada à luz antes do pulso de saturação (F) e fluorescência máxima em amostra adaptada à luz (F_m').

A partir desses parâmetros foi possível calcular a fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado, $F_o' = F_o / [(F_m - F_o)/F_m + (F_o/F_m)']$ (OXBOROUGH e BAKER, 1997) e o coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo *lake*, o qual fornece uma estimativa de centros de reações abertos do FSII, $q_L = (F_m' - F) / (F_m' - F_o') \cdot (F_o'/F)$ (KRAMER et al.,

2004). O rendimento quântico efetivo de conversão fotoquímica de energia no PSII, $\Delta F/F_m' = (F_m' - F)/F_m'$; e os rendimentos quântico da dissipação de energia regulada, $Y_{NPQ} = (F/F_m') - (F/F_m)$ e da dissipação de energia não regulada, $Y_{NO} = F/F_m$, foram calculados de acordo com Genty et al. (1989) e Hendrickson et al. (2004). As análises foram realizadas no horário entre 09:00 e 11:00 horas.

Concentração de pigmentos cloroplastídicos

Para cada repetição, foram retirados 3 discos foliares de 6 mm de diâmetro e incubados em 5 mL de solução de dimetilsulfóxido (DMSO) saturada com carbonato de cálcio (CaCO_3) em frasco de vidro vedado e envolvido, com papel alumínio. Após 24 horas de incubação, à 65°C, as leituras de absorvância foram determinadas por meio de espectrofotômetro UV-VIS (Biospectro SP 220), conforme metodologia adaptada de Kuki et al., (2005). Os comprimentos de onda, as equações e cálculos para determinação do conteúdo de pigmentos foram baseados no trabalho de Wellburn (1994). A degradação da clorofila também foi avaliada por espectrofotometria, adotando o índice de feofitinação ($IF = A_{435}/A_{415}$), segundo Ronen e Galun (1984).

Tolerância protoplasmática

A avaliação de tolerância protoplasmática do tecido foliar foi realizada segundo adaptação da metodologia descrita por Vasquez-Tello *et al.* (1990) e Pimentel *et al.* (2002). Foram coletados 15 discos foliares para cada repetição. Os discos foram colocados em frascos de vidro âmbar com 30 mL de água deionizada, e mantida imersa por 24 horas no escuro, em temperatura ambiente. Após este período mediu-se a condutividade livre (CL , $\mu\text{S}/\text{cm}$), utilizando-se um medidor de condutividade digital portátil modelo CD-850. Posteriormente, os mesmos frascos foram colocados em estufa por 1 hora à temperatura de 100 °C para posterior medida da condutividade total (CT , $\mu\text{S}/\text{cm}$). Para evitar erros nos resultados, o sensor foi lavado entre cada leitura com água deionizada. Com os resultados obtidos, calculou-se a taxa de liberação de eletrólitos, dada em porcentagem, por meio da seguinte fórmula: $TLE = ((CL)/(CT))*100$.

Avaliação nutricional das folhas

As concentrações foliares de macro (N, P, K, Ca, Mg, S) e de micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn) foram determinadas no Laboratório de Solos e Plantas da Universidade de Rio Verde – UniRV, de acordo com o procedimento descrito por Silva et al. (2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias pelo teste de médias Tukey. As análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* Sisvar (FERREIRA, 2011) e para a confecção dos gráficos foi utilizado o *software* Sigma Plot V.10 (SPSS Inc., USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora as áreas de estudo não tenham passado por uma análise físico-química das condições atmosféricas, pressupôs-se que a área central da cidade de Rio Verde receba uma pressão maior de agentes poluentes devido ao tráfego intenso de veículos, especialmente nos dias úteis da semana. No entanto, as plantas de *L. tomentosa* crescidas na região central de Rio Verde, não tiveram comprometimento do aparato fotossintético, como observado nos dados de fluorescência da clorofila *a* (Figuras 3,4 e 5). Não houve diferenças entre os valores de rendimento quântico potencial (F_v/F_m) entre as plantas de diferentes ambientes (Figuras 3 e 4).

A razão F_v/F_m , indica a dissipação fotoquímica de energia e expressa a eficiência de captura desta energia de excitação pelos centros de reação abertos do fotossistema II (KRAUSE e WEIS, 1991; BAKER, 2008). Em plantas não estressadas os valores de referência da razão F_v/F_m devem se situar entre 0,75 e 0,85 (BOLHÀR-NORDEMAMPF et al., 1989). Em nenhum dos ambientes, os valores foram inferiores a esse, indicando que os seus aparatos fotossintéticos encontram-se intactos.

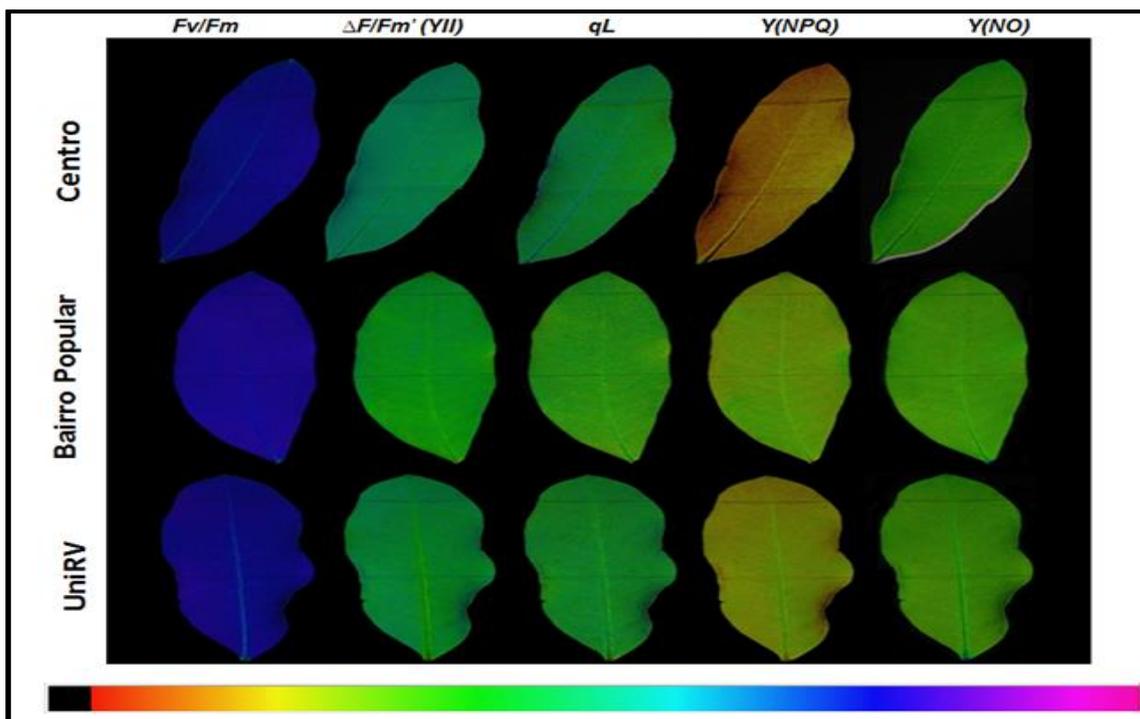


Figura 3. Aspecto das folhas de *L. tomentosa* diante da avaliação da fluorescência da clorofila *a* por meio do fluorômetro modulado de imagem.

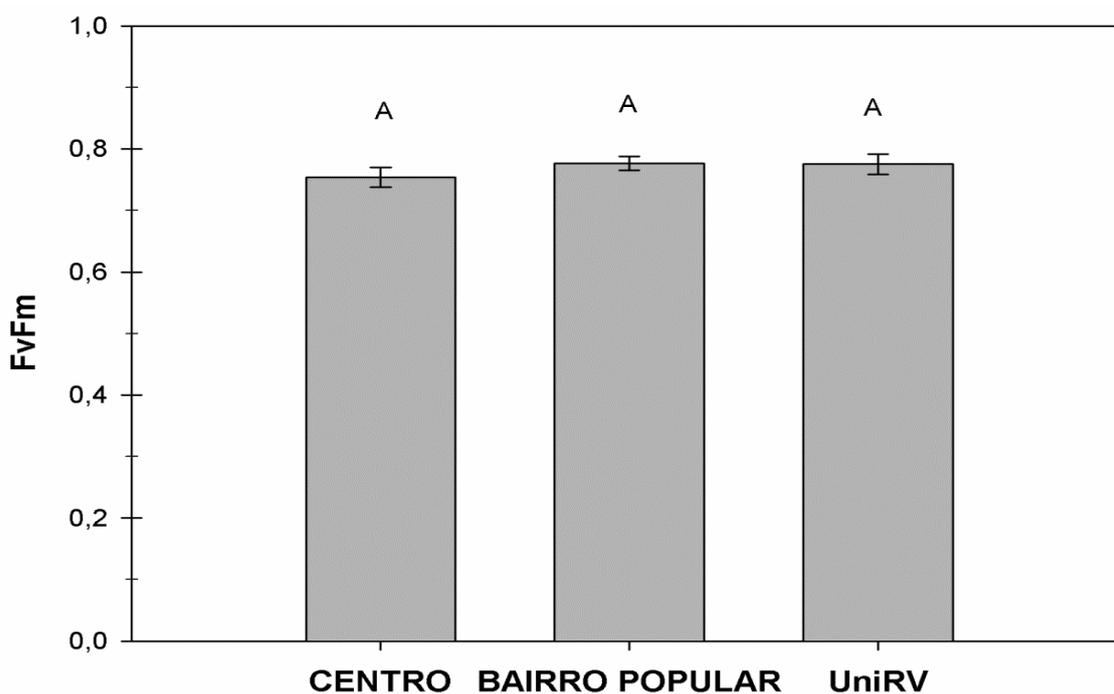


Figura 4. Rendimento quântico potencial (F_v/F_m) em folhas de *L. tomentosa* em diferentes localidades no município de Rio Verde-GO. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($n=7$).

O parâmetro rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) é um indicador mais sensível à respostas ao stress do que a razão F_v/F_m , e surpreendentemente as plantas da região central tiveram índices semelhantes ao da região controle (UniRV) e superiores ao do

Bairro Popular (Figuras 3 e 5A). Porém, na avaliação do coeficiente de extinção fotoquímica (q_L) [Figuras 3 e 5B], o qual estima a fração de centros de reação abertos do FSII (KLUGHAMMER e SCHREIBER, 2008), os resultados foram superiores aos demais ambientes. Uma das formas de se dissipar o excesso de energia, principalmente aqueles relacionados ao stress é por meio da dissipação não fotoquímica.

Essa dissipação pode ser demonstrada por meio da dissipação regulada (YNPQ) e não regulada (YNO), em detrimento ao rendimento quântico de conversão fotoquímica de energia no FSII ($\Delta F/F_m'$). Isso ocorre uma vez que Y_{II} ($\Delta F/F_m'$), Y(NPQ) e Y(NO) são competitivos entre si. Conforme observado neste estudo as plantas amostradas no Bairro Popular e na UniRV aumentaram o Y(NPQ) [Figuras 3 e 5C] em compensação ao menor valor de ($\Delta F/F_m'$). A dissipação de energia via Y(NPQ) está diretamente associada à dissipação de energia na forma de calor, pelo ciclo das xantofilas (DEMMIG-ADAMS e ADAMS, 1996).

Esse ciclo tem papel importante na proteção do FSII quando o mesmo estiver com excesso de energia durante um estresse biótico ou abiótico. O rendimento quântico da dissipação não regulada de energia não fotoquímica no FSII Y(NO), representa perda de energia constitutiva (MOTA e CANO, 2016). Neste estudo, não foram observadas diferenças em Y(NO), entre as plantas (Figuras 3 e 5D), o que demonstra que *L. tomentosa* possui um efetivo sistema de dissipação de energia.

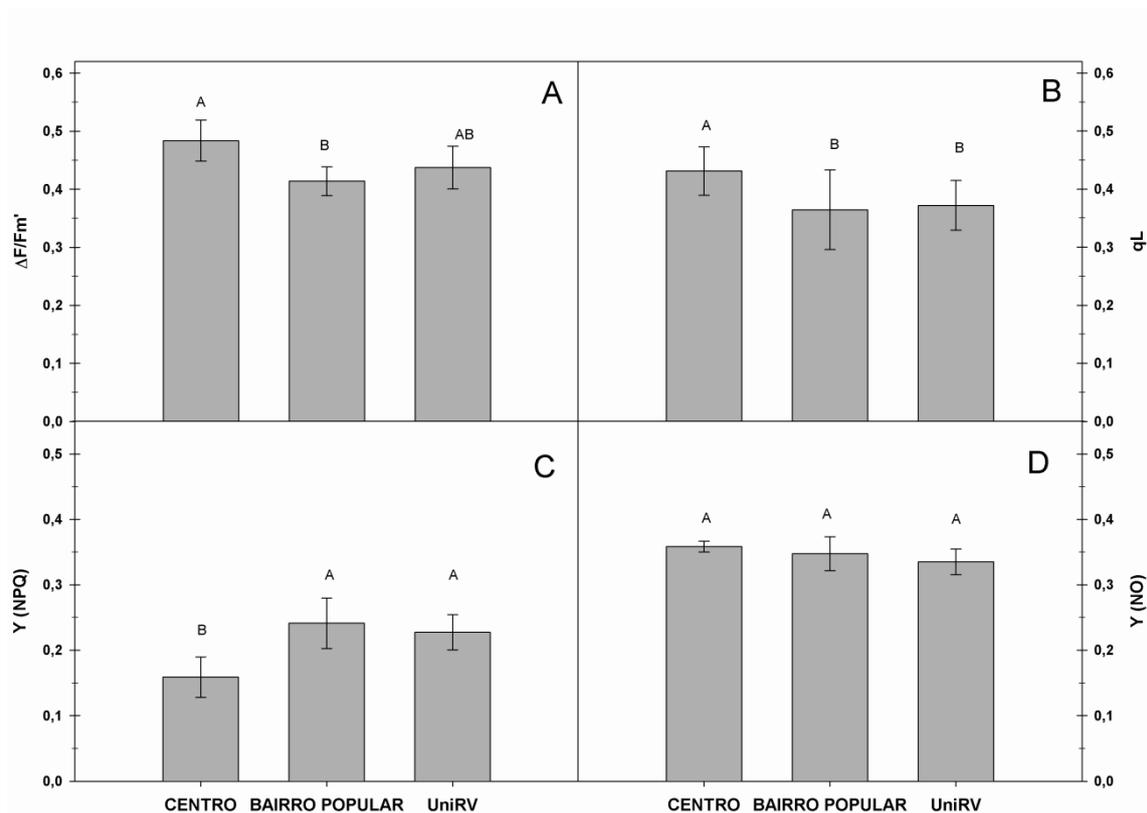


Figura 5. Rendimento quântico efetivo ($\Delta F/Fm'$) [A], coeficiente de extinção fotoquímica (qL)[B], rendimento de dissipação não fotoquímica regulada [Y(NPQ)](C) e rendimento de dissipação não fotoquímica não regulada [Y(NO)](D) em folhas de *L. tomentosa* em diferentes localidades no município de Rio Verde-GO. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (n=7).

A determinação da clorofila e dos carotenoides nas folhas pode ser utilizada para diagnosticar a integridade do aparelho fotossintético em plantas submetidas a adversidades ambientais (PAULUS et al 2010; GOMES et al., 2014). Neste estudo, observou-se que as plantas coletadas no Bairro Popular apresentaram maior concentração de clorofilas *a* e *b* em relação aos demais ambientes (Figuras 6A e 6B, respectivamente), porém não foram observadas diferenças em relação a concentrações de carotenoides (Figura 6C) e na razão clorofila *a*/clorofila *b* (Figura 7).

Em estudo com *L. tomentosa* na bioindicação na cidade de Vitória-ES, Maioli et al., (2008) verificaram que a concentração de clorofilas, bem como a razão clorofila *a*/clorofila *b* foram afetados em regiões mais poluídas. No entanto, neste estudo, tal resultado não foi evidenciado, pois na comparação entre os ambientes mais contrastantes, Centro e UniRV, não foram encontradas diferenças nas concentrações de pigmentos. A ausência de fator de estresse pode ser reforçada pelos valores de índice de feofitinação (IF) semelhantes encontrados em todos os ambientes (Figura 6D).

Ronen e Galun (1984) sugerem que os valores adequados de IF devem ser próximos a 1,4 para a máxima estabilidade da clorofila *a*. Quanto menores os valores de IF, maiores serão os danos à integridade da clorofila *a*, pigmento chave na captação da energia para processo fotossintético. A relação entre diminuição de clorofila *a* e aumento de feofitinas é fundamentada no fato de que em condições adversas a clorofila é convertida em feofitina em decorrência da remoção de Mg^{2+} do centro porfirínico (BORRMANN, 2009). A degradação da clorofila é uma das consequências do estresse que pode ser resultado da fotoinibição e diminuição da eficiência fotossintética (ARAÚJO e DEMINICIS, 2009).

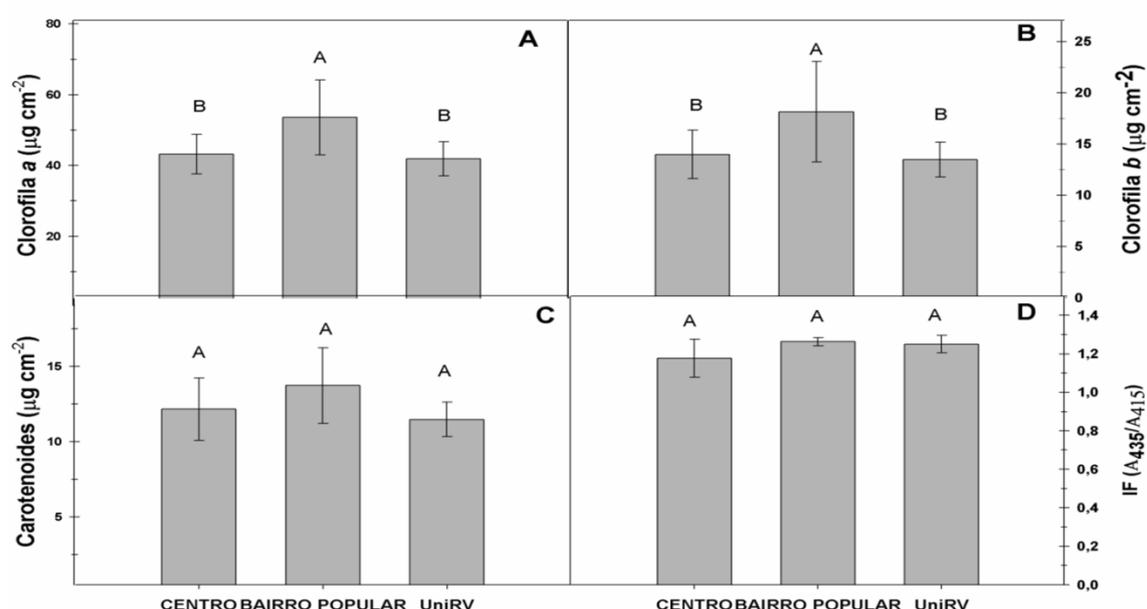


Figura 6. Concentração de pigmentos cloroplastídicos (A, B e C) e índice de feofitinação (IF) [D], em folhas de *Licania tomentosa* (Benth.), em diferentes localidades no município de Rio Verde-GO. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (n=6).

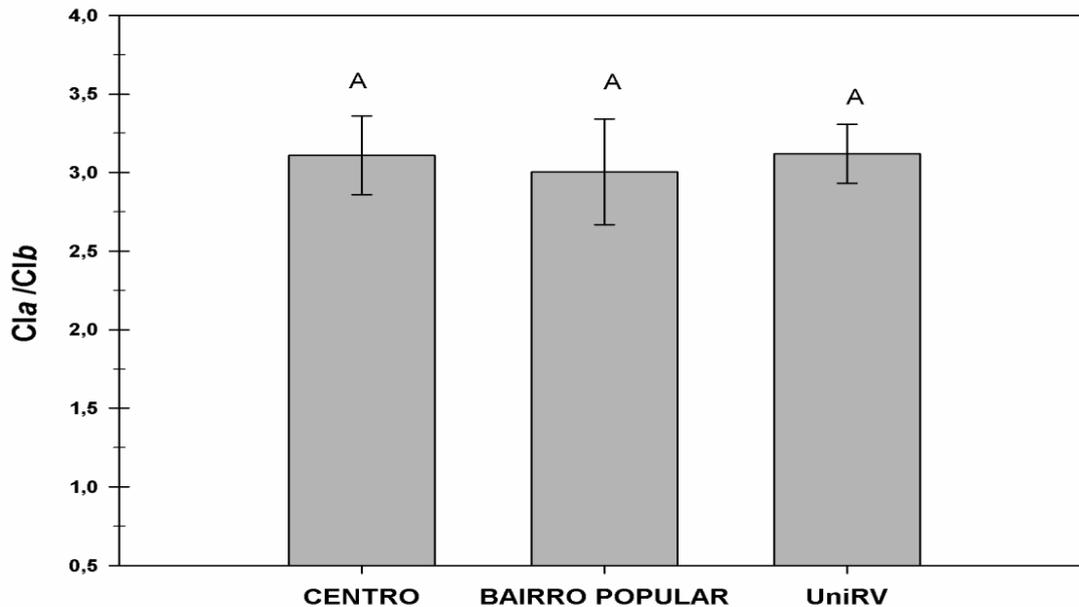


Figura 7. Razão clorofila *a*/clorofila *b*, em folhas de *Licania tomentosa* (Benth.), em diferentes localidades no município de Rio Verde-GO. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (n=6).

Danos em membranas plasmáticas nas folhas podem ser um dos primeiros sinais de estresse (CAMPOS, 2014). A liberação de eletrólitos ocorre em níveis severos de stress, por causa do aumento da quantidade de espécies reativas de oxigênio e radicais livres, o que resulta na ruptura e aumento da permeabilidade das membranas e, muitas vezes, em danos irreversíveis nas organelas e moléculas presentes no interior das células (ROY-MACAULEY et al., 1992; ALONSO et al., 1997). Os resultados de tolerância protoplasmática, avaliada por meio da taxa de liberação de eletrólitos (TLE), corroboram os resultados anteriores, indicando que as plantas de um ambiente não estão sob o efeito de um eventual estresse ambiental se comparada com as demais.

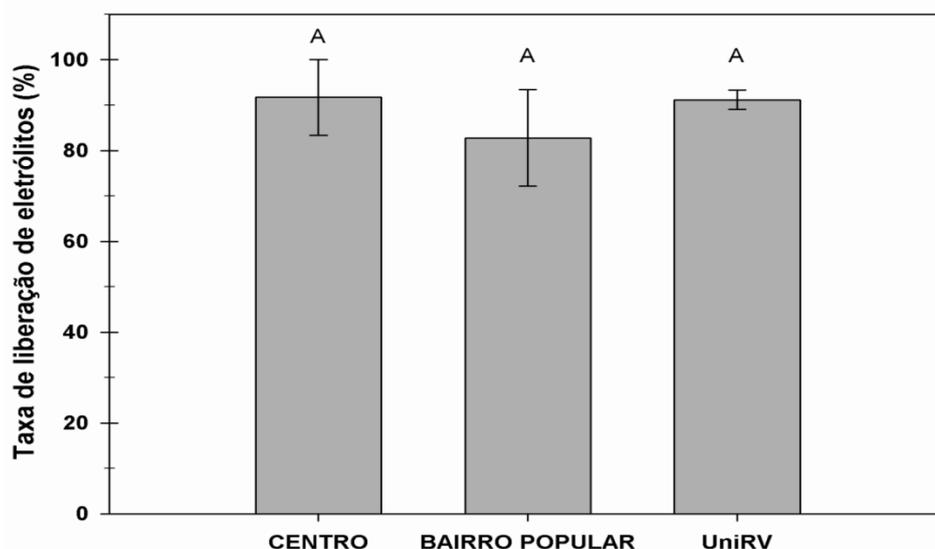


Figura 8. Taxa de liberação de eletrólitos em Folhas de *Licania tomentosa* (Benth.), em diferentes localidades na cidade de Rio Verde-GO. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (n=5).

Durante o período da coleta o regime pluviométrico da região começara a se normalizar, o que pode ter eliminado a possibilidade da avaliação de uma eventual deposição de metais ou enxofre, ou mesmo minimizado os sinais de estresse. Pelo observado na Tabela 1, a análise foliar ao contrário do que se esperava indicou os menores teores de S na região central. As plantas desta região por sua vez tiveram os maiores teores foliares dos macronutrientes P, K, Ca e Mg, o que pode ter contribuído para os bons resultados nas características fisiológicas avaliadas. Avaliações em outras épocas do ano se tornam necessárias para a verificação da influência da sazonalidade sobre as respostas de *L. tomentosa* no biomonitoramento.

Tabela 1. Resultados de análise foliar de macro e micronutrientes em plantas de *Licania tomentosa* (Benth.) em diferentes localidades do município de Rio Verde.

Local	Macronutrientes (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S(SO ₄ ²⁻)
Centro	16,63	0,89	0,50	0,77	0,12	0,71
B. Popular	17,50	0,75	0,45	0,51	0,07	0,79
UniRV	18,38	0,71	0,48	0,48	0,11	0,81

Local	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)			
	Fe	Mn	Cu	Zn
Centro	172,2	186,9	6,6	54,6
B. Popular	219,7	209,1	7,2	40,2
UniRV	216,4	188,2	9,3	48,8

CONCLUSÃO

As análises fisiológicas em tecidos foliares de *L. tomentosa* feitas neste estudo não evidenciaram contrastes significativos de poluição atmosférica em diferentes localidades na cidade de Rio Verde - GO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, A.; QUEIROZ, C. G. S.; MAGALHÃES, A. C. *Chilling stress leads to increased cell membrane rigidity in roots of coffee (Coffea arabica L.) seedlings*. Biochimica et Biophysica Acta, Frankfurt, v.1323, p.75-84, 1997.

ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B., *Fotoinibição da Fotossíntese*. Revista Brasileira de Biociências, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

BAKER, N. R. *Chlorophyll Fluorescence: A probe a photosynthesis in vivo*. Annual Review of Plant Biology, v. 59, p.89-113. 2008.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R.; LONG, S.P., BAKER, N.R., et al. *Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument*. Functional Ecology, v.3, p.497-514, 1989.

BORRMANN, D., R. D. JUNQUEIRA, P. SINNECKER, M. S. D. GOMES, I. A. CASTRO.; U. M. L. MARQUEZ (2009) *Chemical and biochemical characterization of soybean produced under drought stress*. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 29(3):676-681.

BRAGA, A.; BOHM, G. M.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. *Poluição atmosférica e saúde humana*. Revista USP, São Paulo, v. 51, p. 58-71, 2001.

CAMPOS, L.M. *Respostas de café conilon à concentração de ferro*. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Espírito Santo. 2014.

CARNEIRO, R. M. A. *Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade*. Dissertação de mestrado em Enfermagem em Saúde Pública. Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 2004.

DEMMIG-ADAMS, B.; ADAMS, W.W (1996) *The role of xanthophyll cycle carotenoids in the protection of photosynthesis*. Trends in Plant Science, v. 1, p. 21-26.

FERREIRA, D. F. *Sisvar: a computer statistical analysis system*. Ciência & Agrotecnologia, Lavras,v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GENTY, B., BRIANTAIS, J.M., BAKER, N.R. 1989. *The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence*. Biochimica Biophysica Acta, v.990(1), p. 87-92.

GOMES, S. M. de S.; LIMA, V. L. A.; SOUZA, A. P.; NASCIMENTO, J. J. V. R.; NASCIMENTO, E. S. *Pigmentos cloroplastídeos como indicadores de estresse por chumbo*. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 877-884, 2014.

HENDRICKSON, L., FURBANK, R. T., CHOW, W. S. 2004. *A simple alternative approach to assessing the fate of absorbed light energy using chlorophyll fluorescence*. Photosynthesis Research, v. 82: 73-81.

IBGE. *Instituto brasileiro de geografia e estatística*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso: 03 junho. 2016.

KLUGHAMMER, C.; SCHREIBER, U. (2008) *Complementary PS II quantum yields calculated from simple fluorescence parameters measured by PAM fluorometry and the Saturation Pulse method*. PAM Application notes, v.1: 27-35.

KRAMER, D. M., JHONSON, G., KIIRATS, O., EDWARDS, G. E. 2004. *New fluorescence parameters for the determination of q_a redox state and excitation energy fluxes*. Photosynthesis Research, v. 79: 209-218.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. *Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics*. Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology, v.42, p.313–349, 1991.

KUKI, K. N., OLIVA, M. A., GOMES, F. P., COSTA, A. C., 2005. *Avaliação da eficiência do dimetilsulfóxido na extração de pigmentos Foliar de Schinus terebinthifolius e Cocos nucifera*. In: X Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal e XII Congresso Latino-Americano de Fisiologia Vegetal, Recife. Anais, SBFV.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*, vol. 1. 4ª. edição, Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP, 2002.

MAIOLI, O. L. G.; SANTOS, J. M.; REIS JUNIOR, N.C.; CASSINI, S.T.A. *Parâmetros bioquímicos foliares das espécies Licania tomentosa (Benth.) e Bauhinia forficata (Link.) para avaliação da qualidade do ar*. Química Nova, v. 31, n. 8, p. 1925-1932, 2008.

MOTA, C. S.; CANO, M. A. O. *Respostas fisiológicas de plantas jovens de macaúba a condições de seca cíclica*. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 36, n. 87, p. 225-234, 2016.

OXBOROUGH, K. *Imaging of chlorophyll a fluorescence: theoretical and practical aspects of an emerging technique for the monitoring of photosynthetic performance*. Journal of Experimental Botany, v. 55(400), p. 1195-1205, 2004.

OXBOROUGH, K., BAKER, N. R. *An instrument capable of imaging chlorophyll a fluorescence from intact leaves at very low irradiance and at the cellular and sub-cellular levels of organization*. Plant, Cell and Environment, v. 20, p.1473-1483, 1997.

PAULUS D; DOURADO NETO D.; FRIZZONE J. A.; SOARES T. M. *Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina*. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 28, p.29-35, 2010.

PIMENTEL, C., SARR, B., DIOUF, O., ABBOUD, A. C. S., MACAULEY, H. R. *Tolerância protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivados em campo*. Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida, v. 22, p. 07-14, 2002.

RONEN, R., GALUN, M. *Pigment extraction from lichens with dimethyl sulfoxide (DMSO) and estimation of chlorophyll degradation*. Environmental and Experimental Botany, v. 24, p. 239-245, 1984

ROY-MACAULEY, H.; ZUILY-FODIL, Y.; KIDRIC, M.; PHAN THI, A.; VIEIRA DA SILVA, J. *Effect of drought stress on proteolytic activities in Phaseolus and Vigna leaves from sensitive and resistant plants*. Physiologia Plantarum, Malden, v.85, p. 90-96, 1992.

SILVA, F. C. da. (Ed.). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2. ed. Brasília,DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

VASQUEZ-TELLO, A. Y., ZUILY-FODIL, A. T., PHAM THI, J., VIEIRA, S. *Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological tests For screening resistance to water stress in Phaseolus and Vigna species*. Journal of Experimental Botany 41: 827-832, 1990.

WELLBURN, A. R. *The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution*. Journal Plant Physiology, v. 144, p. 307-313, 1994.