

Bioindicação vegetal em espaços públicos urbanos: análise da assimetria flutuante em folhas de *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae)

Plant bioindication in urban public spaces: analysis of floating asymmetry in leaves of *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae)

Bioindicación vegetal en espacios públicos urbanos: análisis de la asimetría flotante en hojas de *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae)

Recebido: 10/05/2022 | Revisado: 19/05/2022 | Aceito: 25/05/2022 | Publicado: 30/05/2022

Allana Caroline Bonfim Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5543-7985>
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil
E-mail: allanabc19@gmail.com

Liosmar José da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1839-1076>
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil
E-mail: liosmar03@gmail.com

João Pedro Silva Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6508-7106>
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil
E-mail: jpoliveira875@gmail.com

Rosineide Nascimento da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0197-2309>
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil
E-mail: rosineideg7@gmail.com

Resumo

Locais de bastante estresse podem provocar modificações de grande impacto no desenvolvimento ontogenético dos organismos. A Assimetria Flutuante (AF) é uma ferramenta que se caracteriza por indicar instabilidades e plasticidades causadas por perturbações do ambiente em que as plantas estão inseridas. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar se há ou não AF em 600 folíolos de indivíduos de *S. terebinthifolia* coletados aleatoriamente em quatro locais públicos do município de Arapiraca-AL. Foram medidos os lados direito e esquerdo desses folíolos e as medidas foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk, o qual não apontou a existência de AF para os folíolos analisados nesta pesquisa, pois os dados diferiram da distribuição normal ($W = 0.46393$ $p < 2.2e-16$). A AF não se apresentou precisa na bioindicação vegetal, visto que a espécie *S. terebinthifolia* apresenta certa resistência e grande capacidade de adaptação a ambientes estressantes, não apresentando respostas morfológicas como a assimetria flutuante foliar.

Palavras-chave: Bioindicador; Estresse ambiental; Simetria.

Abstract

Sites of severe stress can cause changes of great impact on the ontogenetic development of organisms. Floating Asymmetry (PA) is a tool that is characterized by indicating instabilities and plasticities caused by disturbances of the environment in which the plants are inserted. This research aimed to evaluate whether or not there is PA in 600 folyols of Individuals of *S. terebinthifolia* collected randomly in four public places in the municipality of Arapiraca-AL. The right and left sides of these web stools were measured and the measurements were submitted to the Shapiro-Wilk test, which did not indicate the existence of PA for the folíolos analyzed in this study, because the data differed from the normal distribution ($W = 0.46393$ $p < 2.2e-16$). PA was not accurate in plant bioindication, since the species *S. terebinthifolia* presents a certain resistance and great adaptability to stressful environments, not presenting morphological responses such as leaf floating asymmetry.

Keywords: Bioindicator; Environmental stress; Symmetry.

Resumen

Los sitios de estrés severo pueden causar cambios de gran impacto en el desarrollo ontogenético de los organismos. La Asimetría Flotante (PA) es una herramienta que se caracteriza por indicar inestabilidades y plasticidades causadas por perturbaciones del entorno en el que se insertan las plantas. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar si existe o no AF en 600 folioles de individuos de *S. terebinthifolia* recolectados aleatoriamente en cuatro lugares públicos del municipio de Arapiraca-AL. Se midieron los lados derecho e izquierdo de estas heces de la red y las

medicões se sometieron a la prueba de Shapiro-Wilk, que no indicó la existencia de AF para los folíolos analizados en este estudio, debido a que los datos diferían de la distribución normal ($W = 0,46393$ $p < 2,2e-16$). La AP no fue precisa en la bioindicación vegetal, ya que la especie *S. terebinthifolia* presenta una cierta resistencia y gran adaptabilidad a ambientes estresantes, no presentando respuestas morfológicas como la asimetría flotante foliar.

Palabras clave: Bioindicador; Estrés ambiental; Simetría.

1. Introdução

São inúmeras as perturbações nas quais os organismos sofrem ao longo do seu desenvolvimento ontogênico, entre elas, destacam-se severas condições climáticas (Araújo & Rahbek, 2018), déficit de água e nutrientes (Bianchi, Germino e Silva, 2000), competição, predação (Santos & Calafate, 2018; Silva & Giaretta, 2008), doenças e poluição. Tais fatores estressantes acabam contribuindo com o mau crescimento corporal dos indivíduos, além de afetar diretamente a fertilidade, a sobrevivência e a dispersão destes no meio ambiente. Alguns organismos possuem certa tolerância a ambientes estressantes, mas quando o nível de tolerância chega ao máximo, o indivíduo utiliza um mecanismo onde a energia destinada ao seu crescimento, a manutenção do seu corpo e ao desenvolvimento de estruturas morfológicas é reduzida, acarretando alteração no tamanho do corpo e na simetria (Oliveira et al., 2020).

Na natureza, os organismos vivos se apresentam de forma simétrica, sendo essa simetria medida a partir de um eixo do corpo ou de uma parte dele, podendo ser divididos em duas ou mais parcelas semelhantes. Em relação a simetria das plantas, pode-se observar que algumas possuem simetria radial (onde o corpo da planta ou suas estruturas podem ser divididas em várias partes iguais, geralmente observada em flores) e outras possuem simetria bilateral (onde a planta como um todo ou suas estruturas podem ser divididas em duas partes iguais). A simetria bilateral em plantas é mais frequentemente observada no meio ambiente (Silva et al., 2017).

Influências externas podem afetar a fisiologia de uma espécie vegetal alterando-a de forma negativa e levando a planta ao desequilíbrio em seu desenvolvimento, o que caracteriza o estresse ambiental. Por possuírem um estilo de vida sésil, as plantas, por diversas vezes, acabam sendo muito afetadas pelo excesso ou falta de luminosidade, temperatura, disponibilidade de CO₂ e O₂, entre outros diversos fatores ambientais que têm grande influência no crescimento e no desenvolvimento desses organismos (Silva et al., 2021; Araújo & Deminicis, 2009). A água é um dos fatores ambientais mais determinantes para a evolução das plantas, tendo forte influência no seu ciclo de vida (Bittencourt & Silva, 2018).

Algumas espécies vegetais, em decorrência do estresse sofrido, podem apresentar tipos de alterações morfológicas, entre elas a assimetria. Sendo assim, como uma forma de mensurar as diferenças entre os lados direito e esquerdo de estruturas bilaterais utiliza-se a Assimetria Flutuante (AF), uma ferramenta que se caracteriza por indicar instabilidades e plasticidades causadas por perturbações do ambiente em que as plantas estão inseridas e, assim, quanto maiores os níveis de AF, maior o estresse sofrido pela planta (Lima et al., 2016; Carneiro et al., 2018). A AF é uma medida potencialmente útil para avaliar os efeitos estressantes do ambiente (ou em outras palavras, para avaliar a qualidade do habitat) em espécies particulares, tornando-se um dos métodos mais aconselháveis para a avaliação dos distúrbios na estabilidade do desenvolvimento vegetal (Cuevas-Reyes et al., 2013; Shadrina et al., 2020).

São muitos os fatores que podem causar assimetria nos vegetais, porém, alguns como variações no estado nutricional, temperatura, densidade da população, substâncias poluentes e fragmentação de habitat ganham destaque entre as causas de instabilidade no desenvolvimento de plantas. A assimetria, desse modo, é uma forma segura de averiguar qual planta está se desenvolvendo em condições estressantes (Vogel et al., 2012).

Quanto maior o estresse do ambiente no qual determinado vegetal está submetido, maiores são as perturbações na realização da fotossíntese o que, conseqüentemente, pode acarretar desenvolvimento irregular na planta e em suas estruturas. A planta também pode ter sua taxa de crescimento prejudicada e se tornar mais suscetível aos agentes patogênicos e seus

predadores naturais, além de haver um alto risco de morte do organismo vegetal. A simetria foliar, no entanto, se apresenta como um dos maiores indicadores de estabilidade das plantas (Brito et al., 2019).

Por conta do grande crescimento populacional, a urbanização vem ocorrendo, muitas vezes, de forma desordenada e desenfreada, o que acaba afetando e dificultando a relação homem-ambiente, modificando o clima e causando vários impactos ambientais (Barreto et al., 2017). As áreas urbanas são vistas como grandes fatores de estresse para plantas, levando os organismos vegetais a suportar desordens em seus metabolismos como a diminuição de compostos de defesa, o que os torna mais suscetíveis a doenças e herbivorias. O déficit nutricional causado por ambientes estressantes pode afetar diretamente o desenvolvimento de estruturas morfológicas importantes, bem como auxiliar no crescimento irregular de partes da planta, causando assimetrias e diminuindo sua defesa contra predadores (Carlos, 2017).

Nesse contexto, destaca-se a *Schinus terebinthifolia* Raddi, espécie vegetal pertencente à família Anacardiaceae, nativa do Brasil, ocorrente em todas as regiões do país, sendo conhecida, popularmente, como aroeira-vermelha ou pimentarosa (Feriani et al., 2020). Esta planta se adapta a habitats diversos e possui grande tolerância a ambientes estressantes, sendo uma espécie arbórea nativa bastante utilizada na recuperação de áreas degradadas e na arborização urbana (Costa, 2020). A aroeira-vermelha é utilizada de diversas formas, tanto na extração de madeira, na culinária com seus frutos levemente apimentados ou até mesmo na medicina popular, sendo bastante promissora no tratamento de diversas doenças (Silva et al., 2017; Estevão et al., 2017).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar se há ou não AF em folíolos de *S. terebinthifolia* Raddi, em quatro espaços públicos do município de Arapiraca-AL.

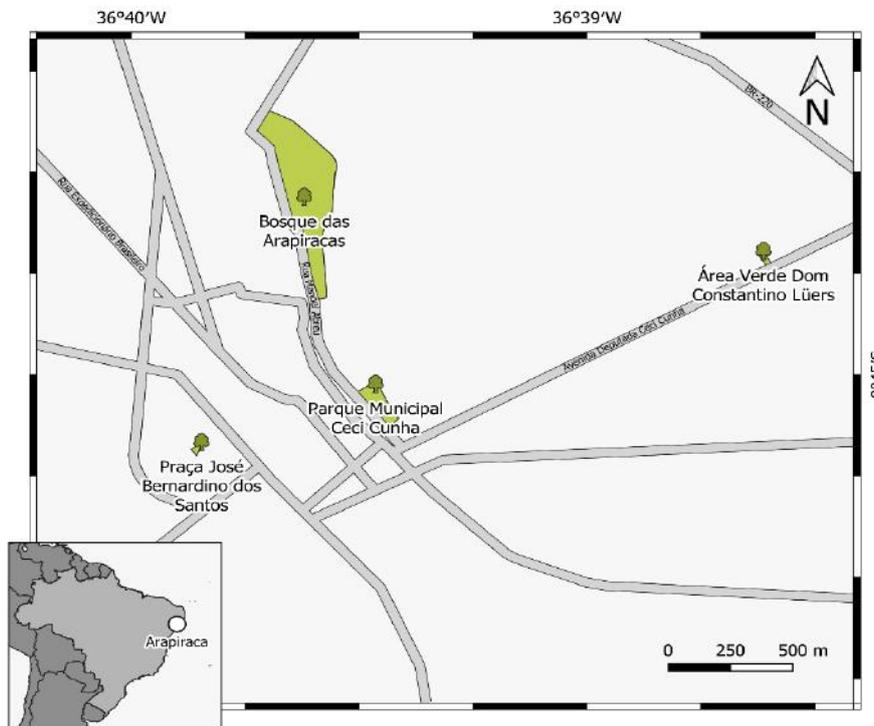
2. Metodologia

2.1 Áreas de estudo

O município de Arapiraca está situado na região Agreste de Alagoas, área de transição dos biomas Mata Atlântica e Caatinga, apresentando uma diferença perceptível no tipo de vegetação através da ocorrência de espécies, condições geomorfológicas e hidrológicas, além de ser a segunda cidade mais populosa do Estado de Alagoas e localizar-se a cerca de 130 km de sua capital, Maceió, apresentando as coordenadas aproximadas com Latitude 9°75'25"S e Longitude 36°60'1"W (Xavier & Dornellas, 2012). Classificada como centro urbano de nível 2, de acordo com o Registro de Influência das Cidades, o município de Arapiraca possui forte atuação em âmbito regional, principalmente por ser local de destino para a realização de diversas atividades de muitos municípios (IBGE, 2008).

Para o presente estudo, foram selecionados quatro espaços públicos da cidade de Arapiraca: o Parque Municipal Ceci Cunha (PMCC), a Área Verde Dom Constantino Luers (AVDCL), o Bosque das Arapiracas (BA) e a Praça José Bernardino dos Santos (PJBS) (Figura 1). O PMCC está localizado no centro da cidade de Arapiraca-AL e se divide em 3 setores: Parque Ceci Cunha I, Parque Ceci Cunha II e Mercado do Artesanato, sendo possível chegar até o PMCC por 15 vias de acesso através dos bairros: Brasília, Centro, Senador Teotônio Vilela e Alto do Cruzeiro (Gomes Júnior, 2016). No Parque Ceci Cunha II, encontra-se o terminal rodoviário municipal, o qual pode atrair a visita e o uso desse local por muitas pessoas das cidades circunvizinhas, gerando maior número de frequentadores se comparado a outros locais públicos (Gomes Júnior, 2016). O PMCC possui área total de 51.081,32 m² e apresenta gramíneas em solo natural, com unidades espaçadas de árvores de pequeno, médio e grande portes, bem como trepadeiras (Pereira & Barbosa, 2016).

Figura 1: Representação dos locais de estudo na malha urbana de Arapiraca-AL, destacando-se a extensão territorial de cada espaço público.



Fonte: Dados dos autores.

Perpassando os bairros Novo Horizonte e Santa Esmeralda, a AVDCL é um espaço relevante na malha urbana de Arapiraca, frequentado por pessoas de diferentes faixas etárias e níveis de escolaridade e, que residem, sobretudo, em suas proximidades (Costa, Santos e Silva, 2020). Trata-se de um local utilizado para a realização de algumas atividades como exercícios físicos, lazer, recreação, etc. e, que possui uma ampla arborização, além de apresentar bons aspectos estético-paisagísticos (Silva & Gomes, 2013).

Parte do BA atravessa o bairro Capiatã e se estende até o bairro Senador Teotônio Vilela, apresentando 98.969,04 m² de extensão (Pereira & Barbosa, 2016). Segundo esses autores, o Bosque representa o espaço público com a maior área verde da cidade de Arapiraca, não sendo totalmente natural, pois foi parcialmente projetado e entregue à população em 2012. Todavia, quase toda sua extensão apresenta áreas onde são encontradas, em sua maior parte, árvores de médio e grande porte ainda em desenvolvimento, gramíneas, arbustos e trepadeiras (Pereira & Barbosa, 2016).

A PJBS conhecida, popularmente, como Praça do Abacaxi, faz parte de um conjunto de pontos onde ocorrem feiras-livres, pequenas engrenagens da economia da cidade de Arapiraca, caracterizando-se quanto a arborização pela presença de espécies de árvores nativas do Brasil como, por exemplo, a *S. terebinthifolia* (aroeira) e outras plantas ornamentais. A PJBS possui grandes espaços permeáveis e densa cobertura vegetal, na qual predominam árvores de médio e grande portes, cujo entorno apresenta edificações que variam de uso misto e residencial. Além disso, por se tratar de uma área de fluxo comercial, este ponto da cidade de Arapiraca conta com um numeroso fluxo de veículos e pessoas nos dias em que ocorre a tradicional feira (Pereira & Barbosa, 2016; Oliveira et al., 2021).

2.2 Amostragem

Os locais selecionados para o desenvolvimento desta pesquisa foram visitados, inicialmente, com o intuito de se fazer a identificação dos indivíduos de *S. terebinthifolia* e a medição da distância entre os espécimes cujos folíolos foram

coletados aleatoriamente (mínimo de 5 m de distância entre os espécimes). Para a coleta dos folíolos foi utilizado um podão (ferramenta constituída por um cabo longo e uma tesoura na ponta, própria para podar árvores).

Ressalte-se que, na Praça José Bernardino dos Santos e na Área Verde Dom Constantino Luers foram encontrados somente, respectivamente, 6 e 4 indivíduos de aroeira (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade de espécimes de *S. terebinthifolia* selecionados e quantidade de folíolos coletados por espaço público urbano.

Áreas de estudo	Indivíduos de <i>S. terebinthifolia</i>	Quantidade de folíolos por indivíduo	Total de folíolos por área
PMCC	10	20	200
AV	4	20	80
BA	10	20	200
PJBS	6	20	120
Total	30	80	600

Fonte: Autores.

Após a coleta, os folíolos foram imediatamente levados para o Núcleo de Estudos Botânicos (NEB) da Universidade Estadual de Alagoas para serem submetidos ao processo de secagem através de exsicatas, utilizando a metodologia adaptada de Ribeiro et al. (2013). Este processo durou, aproximadamente, 3 dias e, depois disso, os folíolos foram organizados e fotografados sob uma superfície de cor branca (Figura 2), com câmera digital (Modelo Coolpix S3300, Nikon de 16 megapixels).

Figura 2. Folíolos organizados em grupos de 10 e fotografados por câmera digital sob superfície de cor branca, utilizando-se uma régua para a calibragem do programa *ImageJ*.



Fonte: Autores.

2.3 Análise dos dados

As fotografias dos folíolos foram submetidas ao programa *ImageJ*, versão 1.46r (National Institutes of Health, 2012), calibrado em centímetros. Dessa forma, foram medidos os lados direito e esquerdo dos folíolos, utilizando a nervura central como referência e o seu comprimento. Para analisar a AF nesta espécie, foram considerados os dois índices propostos por Palmer & Strobeck (1986):

I. Índice 1 = $[\sum |D_i - E_i|] / N$

II. Índice 2 = $[\sum |D_i - E_i| / (D_i + E_i) / 2] / N$

Os termos dos índices significam: D = valor da distância da nervura central à borda direita da folha; E = valor da distância da nervura central à borda esquerda da folha; e N = número total de amostras das medidas.

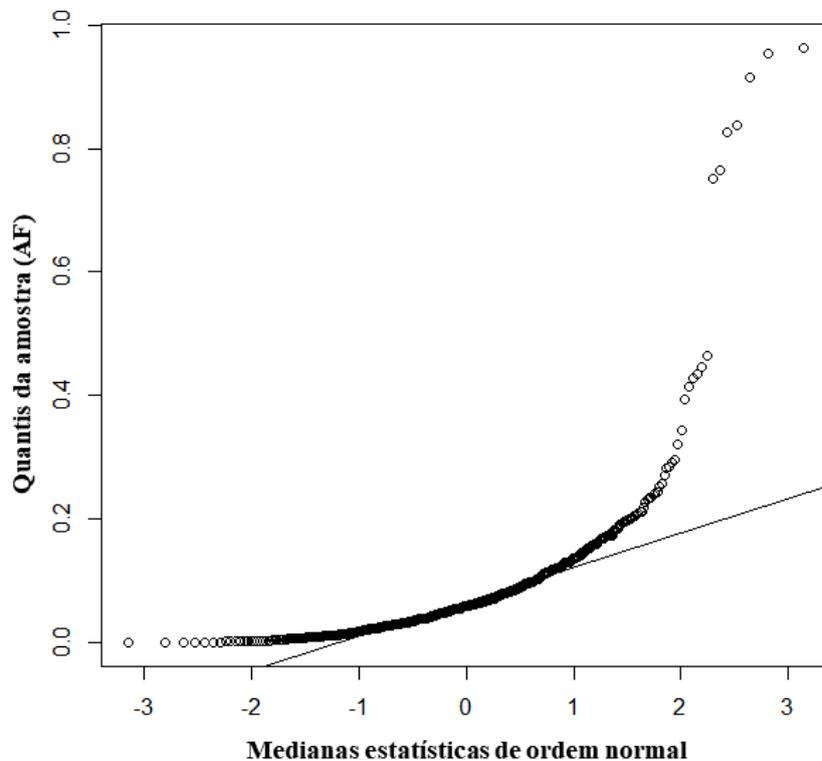
O primeiro índice é referente ao valor absoluto da assimetria, já o segundo, trata-se de corrigir o fato de que a assimetria pode depender de tamanho calculando, assim, os lados direito e esquerdo do folíolo e dividindo-se pela média (Cornelissen & Stiling, 2005).

A normalidade dos dados ($p > 0,05$) foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk e as análises estatísticas foram feitas no Programa R, versão 4.0.3 (R Core Team, 2020). Dessa forma, testou-se a hipótese de que há ou não AF nos folíolos de *S. Terebinthifolia* presentes nos espaços públicos estudados.

3. Resultados e Discussão

No intuito de averiguar a existência de AF nos folíolos de aroeira, ao se testar as hipóteses do estudo, o teste de Shapiro-Wilk não apontou a existência de AF, pois os dados diferiram da distribuição normal ($W = 0.57365$, $p < 2.2e-16$) (Figura 3). Neste caso, sugere-se que a espécie estudada pode apresentar antissimetria ou assimetria direcional. O resultado aqui registrado diverge do que, geralmente, se encontra em alguns estudos com o mesmo foco (Cuevas Reyes et. al., 2013; Mendes, 2014; Brito et al., 2019; Shadrina et. al., 2020).

Figura 3. Representação dos dados de AF divergentes da normalidade estatística de acordo com o teste de Shapiro-Wilk, analisados através do programa *ImajeJ*.



Fonte: Autores.

Vale salientar que, numa pesquisa realizada em uma Floresta Ombrófila, foram analisados folhas e folíolos de seis espécies de plantas arbóreas, sendo registrados menores índices de AF para a espécie *S. terebinthifolia* (Boeger et al., 2018), resultado divergente do encontrado neste estudo, mas considere-se que se tratam de locais distintos de estudo. Em um levantamento anterior foi constatada a existência de diversos estudos que não mostraram aumento na AF em organismos de habitats perturbados, ou seja, a literatura atual indica que a AF de organismos de habitats perturbados nem sempre excede a AF de organismos em habitats não perturbados – controle (Kozlov, 2017). Mesmo em ambiente controlado, organismos submetidos à poluição por metais pesados e ao estresse hídrico não apresentaram valores estatísticos significativos em termos de AF (Zverev et al., 2018). Além disso, outras espécies vegetais situadas em ambientes contaminados por poluentes radioativos não apresentaram respostas significativas em relação a AF, demonstrando que há fatores de estresse que exercem maior influência sobre as plantas do que a radiação ionizante (Kashparova et al., 2018).

A variabilidade no formato e tamanho das folhas pode ser atribuída a influências genéticas e ambientais, de modo que aspectos tais como, largura foliar, comprimento e área são regulados por variáveis ambientais, visto que, estas atuam com preponderância na modelação da resposta morfológica frente aos fatores genéticos (Cabuga Junior et al., 2018).

Sugere-se que, a ocorrência de AF pode variar conforme alguns fatores como, por exemplo, ambientes poluídos ou não e, sobretudo, a espécie de planta estudada, tendo em vista que algumas espécies podem apresentar diferentes estratégias de resistência ou de plasticidade fenotípica. Em um estudo anterior realizado em um espaço público de Arapiraca também não foi constatada a presença de AF nos folíolos de *S. terebinthifolia* (Oliveira et al., 2021), os quais, provavelmente, se encontravam submetidos às condições de estresse semelhantes às aroeiras selecionadas neste estudo. De acordo com os resultados descritos e com os trabalhos encontrados sobre esta espécie de planta em particular, pode-se inferir que a *S. terebinthifolia* apresenta

determinados mecanismos de adaptação ou de resiliência, em comparação com outras espécies de plantas, que pode influenciar na ausência ou na redução dos níveis de AF, seja a espécie encontrada em áreas florestais ou urbanizada antropizada.

A *S. terebinthifolia*, além de tolerar o período de sombreamento em sua fase de desenvolvimento inicial, ainda consegue adaptar-se a esta condição, apesar de que uma de suas exigências ecológicas é desenvolver-se em pleno sol (Chiamolera, Angelo e Boeger, 2011). Outro fator interessante é que a anatomia dos folíolos de aroeira, sob condições de estresse hídrico (quando comparada a anatomia das plantas em ambiente-controle), não sofreu alterações (Nunes, 2016). Por outro lado, a análise indireta de ambientes que sofrem impactos negativos deve considerar o estudo de múltiplos fatores ambientais que podem agir sobre ou, conjuntamente, com a AF de diferentes caracteres dos organismos bilaterais. Nesse contexto, considere-se que a variedade de efeitos que a urbanização exerce sobre as populações nativas remanescentes, particularmente, sobre as espécies de plantas, faz com que as mesmas possam ser expostas a diferentes pressões abióticas e bióticas que incluem condições ambientais adversas (Cuevas Reyes et. al., 2013).

4. Considerações Finais

A AF, para esta pesquisa, não se mostrou uma ferramenta precisa para bioindicação vegetal, visto que a espécie *S. terebinthifolia* apresenta certa resistência e grande capacidade de adaptação a ambientes estressantes, não apresentando respostas morfológicas como a assimetria flutuante foliar. Dessa forma, os resultados aqui encontrados não foram suficientes para inferirem de que forma a *S. terebinthifolia* responde às diferentes fontes de poluição encontradas em centros urbanos. Diante disso, sugere-se que trabalhos posteriores com diferentes análises sejam realizados a fim de se obter respostas sobre os prováveis níveis de estresse de diversas espécies de plantas.

Agradecimentos

Este trabalho resulta do projeto de pesquisa submetido ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL). Nossos agradecimentos à FAPEAL pelo importante incentivo ao desenvolvimento de pesquisas no Estado de Alagoas.

Referências

- Araújo, M. B., & Rahbek, C. (2006). How does climate change affect biodiversity?. *Science*, 313(5792), 1396-1397.
- Araújo, S. A. C & Deminicis, B. B. (2009). Fotoinibição da fotossíntese. *Revista Brasileira de Biociências*, 7(4).
- Barreto, A. P.; Mathias Filho, J. M.; Felisbino, R. M.; Hunger, M. S.; Delbim, L. R.; Magalhães, R.; Zavarize, S. F. & Martelli, A. (2017). Arborização Urbana e Microclima e a Percepção dos Acadêmicos de Educação Física Quanto a Essa Vegetação. *Uniciências*, 21(2), 99-104.
- Bianchi, L., Germino, G. H., & de Silva, M. A. (2000). Adaptação das plantas ao déficit hídrico. *Acta Iguazu*, 5(4), 15-32. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v5i4.16006>
- Bittencourt, P. P. & Silva, L. N. N. (2018). *Estresse hídrico em plantas: aspectos morfofisiológicos, adaptações e mecanismos de resposta*. In: A. P. Della [et al.]. VIII Botânica no Inverno, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, pp. 235-244.
- Boeger, M. R. T.; Pilatti, D. M.; Lima, C. S.; Alvarenga, A. M. S. B. & Pereto, S. C. A. S. (2018). Leaf architecture and symmetry of understory tree species of an Araucaria Forest. *Acta Scientiarum*, 40(1), 1-7.
- Brito, L.; Silva, P. A. & Fluminhan, A. (2019). Alterações foliares sugerem efeitos da poluição veicular em plantas da família myrtaceae em áreas urbanas. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 10(1), 223-231.
- Cabuga Junior, C. C.; Ayaton, M. A. & Budlayan, M. L. M. (2018). Geometric morphometrics of leaf blade shape in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*: Pontederiaceae) population from Lake Mainit, Philippines. *Computational Ecology and Software*, 8(2), 46-56.
- Carlos, P. P. (2017). *Características florais e visitantes de Turnera subulata Sm. (Passifloraceae) em gradiente de urbanização*. (Dissertação). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus-AM.

- Carneiro, L. S.; Aguiar, C. M.; Aguiar, W. M. & Ferreira, V. S. (2018). Avaliação da assimetria flutuante em populações de *Eulaema cingulata* (Fabricius, 1804) (hymenoptera: apidae) em diferentes fitofisionomias da mata atlântica. In: 22º *Anais Seminário de Iniciação Científica*, Feira de Santana, Bahia, Brasil: UEFS.
- Costa, C. C. (2020). Evaluation of the morphological parameters of aroeira seedlings (*Schinus terebinthifolia* Raddi.) In biodegradable tubes. *Revista Ambientale*, 12(3), 1-14.
- Costa, R. R.; Santos, M. G. S. & Silva, R. N. (2020). Análise da percepção ambiental dos frequentadores da área verde Dom Constantino Luers, no município de Arapiraca-AL. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 15(1), 50-65.
- Cuevas-reyes, P.; Gilberti, L.; González-rodríguez, A. & Fernandes, G. W. (2013). Patterns of herbivory and fluctuating asymmetry in *Solanum lycocarpum* St. Hill (Solanaceae) along an urban gradient in Brazil. *Ecological Indicators*, 24, 557-561.
- Chiamolera, L. B.; Ângelo, A. C. & Boeger, M. R. (2011). Crescimento e sobrevivência de quatro espécies florestais nativas plantadas em áreas com diferentes estágios de sucessão no reservatório Iraí-PR. *Floresta*, 41(4), 765-778.
- Estevão, L. R. M.; Simões, R. S.; Cassini-vieira, P.; Canesso, M. C. C.; Barcelos, L. S.; Rachid, M. A.; Câmara, C. A. G. & Evêncio-neto, J. (2017). *Schinus terebinthifolia* Raddi (Aroeira) leaves oil attenuates inflammatory responses in cutaneous wound healing in mice. *Acta Cirúrgica Brasileira*, 32(9), 726-735.
- Feriani, A.; Tir, M.; Hamed, M.; Sila, A.; Nahdi, S.; Alwasel, S.; Harrath, A. H. & Tlili, N. (2020). Multidirectional insights on polysaccharides from *Schinus terebinthifolia* and *Schinus molle* fruits: Physicochemical and functional profiles, in vitro antioxidant, anti-genotoxicity, antidiabetic, and antihemolytic capacities, and in vivo anti-inflammatory and anti-nociceptive properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 1-53.
- Fisher, M. C., Garner, T. W., & Walker, S. F. (2009). Global emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and amphibian chytridiomycosis in space, time, and host. *Annual review of microbiology*, 63, 291-310.
- Gomes Júnior, J. S. (2016). *Produção e uso do espaço público em Arapiraca, Alagoas: uma avaliação pós-ocupação do Parque Municipal Ceci Cunha e do Bosque das Arapiracas*. (Dissertação). Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2008). Regiões de influência das cidades 2007. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv40677.pdf>
- Kashparova, E.; Levchuk, S.; Morozova, V. & Kashparov, V. (2018). A dose rate causes no fluctuating asymmetry indexes changes in silver birch (*Betula pendula* (L.) Roth.) leaves and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles in the Chernobyl Exclusion Zone. *Journal of Environmental Radioactivity*, 211, 1-8.
- Kozlov, M. V. (2017). Plant studies on Fluctuating Asymmetry in Russia: mythology and methodology. *Russian Journal of Ecology*, 48(1), 1-9.
- Lima, C. B. S.; Nunes, L. A.; Carvalho, C. A. L.; Ribeiro, M. F.; Souza, B. A. & Silva, C. S. B. (2016). Morphometric differences and fluctuating asymmetry in *Melipona subnitida* Ducke 1910 (Hymenoptera: Apidae) in different types of housing. *Brazilian Journal of Biology*, 76(4), 845-850.
- Mendes, G. M. (2014). *Assimetria Flutuante como bioindicadora de mudanças ambientais e interações tróficas em Cecropia pachystachya (Urticaceae)*. (Dissertação). Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.
- National Institutes of Health. (2012). *Image J. Versão 1.46r. Bethesda, MD, USA*. <https://imagej.nih.gov/ij/docs/install/index.html>
- Nunes, D. P. (2016). *Ecofisiologia de Schinus terebinthifolia Raddi (Anacardiaceae) sob estresse hídrico*. (Tese) Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul.
- Oliveira, T. C. T.; Monteiro, A. B. & Faria, L. D. B. (2020). Can multitrophic interactions shape morphometry, allometry, and fluctuating asymmetry of seed-feeding insects?. *PLoS ONE*, 15(11), 1-17.
- Oliveira, J. P. S.; Costa, A. C. B.; Silva, L. J.; Ferreira, E. E. & Silva, R. N. (2021). Assimetria flutuante em folíolos de aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi, Anacardiaceae) em espaço público urbano, Arapiraca-AL. *Diversitas Journal*, 6(1), 445-459.
- Palmer, A. R. & Strobeck, C. (1986). Fluctuating asymmetry: measurements, analysis, patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17(1), 391-421.
- Pereira, J. D. S. & Barbosa, R. V. R. (2016). Análise das áreas verdes urbanas e sua influência na redução do rigor térmico em cidade de clima semiárido. In: 7º *Congresso luso brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável*, (p. 3). Maceió-AL: UFAL.
- R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ribeiro, V. A.; Silva, R. N.; Sousa-Souto, L. & Neves, F. S. (2013). Fluctuating asymmetry of and herbivory on *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (Fabaceae) in pasture and Secondary Tropical Dry Forest. *Acta Botanica Brasilica*, 27(1), 21-25.
- Santos, A. I., & Calafate, L. (2018). Espécies invasoras. *Revista de Ciência Elementar*, 6(1).
- Silva, W. R. D., & Giaretta, A. A. (2008). Seleção de sítios de oviposição em anuros (Lissamphibia). *Biota Neotropica*, 8(3).
- Silva, R. N. & Gomes, M. A. S. (2013). Comparação quali-quantitativa da arborização em espaços públicos da cidade de Arapiraca-AL. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 8(2), 104-117.
- Silva, E.; Guilherme, M. F.; Oliveira, H.; Viana, Z. & Santos, V. L. (2017). Caracterização morfométrica e efeitos ecotoxicológicos do chumbo na germinação de sementes de *Schinus terebinthifolia* Raddi. *Arquivos do Instituto Biológico*, 84, 1-7.

Shadrina, E.; Turmukhametova, N.; Soldatova, V.; Vol'pert, Y.; Korotchenko, I. & Pervyshina, G. (2020). Fluctuating asymmetry in morphological characteristics of *Betula pendula* Roth leaf under conditions of urban ecosystems: evaluation of the multi-factor negative impact. *Symmetry*, 12(8), 1-35.

Vogel, H. F.; Zawadzki, C. H.; Silva, G. S.; Ramos, C. C. O. & Bechara, F. C. (2012). Assimetria flutuante: dados iniciais de uma taxocenose de sabiás (passeriformes, turdidae) ocorrentes em um parque urbano na região Centro-sul do estado do Paraná, Brasil. *Publicatio UEPG Biológicas e da Saúde*, 18(1), 25-30.

Xavier, R. A. & Dornellas, P. C. (2012). Caracterização ambiental do município de Arapiraca, Região Agreste de Alagoas. *Revista Ambientale*, 1(3), 108-121.

Zverev, V.; Lama, A. D. & Kozlov, M. V. (2018). Fluctuating asymmetry of birch leaves did not increase with pollution and drought stress in a controlled experimente. *Indicadores Ecológicos*, 84:283-289.