



# Árvores de estuário apresentam assimetria foliar em resposta a estresse por salinidade?

Bianca Gonçalves dos Santos

**RESUMO:** Estresse pode ser descrito como um estado em que demandas crescentes de energia pela planta levam a uma desestabilização de suas funções regulares. Situações de estresse podem levar a diferenças entre medidas dos lados direito e esquerdo de organismos bilaterais, a assimetria flutuante. Ambientes estuarinos possuem salinidade variável, podendo induzir diferentes níveis de estresse. Para testar a hipótese de que as plantas apresentam resposta morfológica a estresse causado por diferenças de salinidade em estuários, foram comparados índices de assimetria foliar de duas espécies de árvores, *Eugenia uniflora* e *Avicennia schaueriana*, em locais com alta, média e baixa salinidade. Em *E. uniflora*, não foi encontrada diferença dos índices de assimetria foliar entre os ambientes, porém *A. schaueriana*, teve diferentes níveis de assimetria foliar em ambientes com diferente salinidade. Os resultados sugerem que diferentes espécies apresentam diferentes respostas às variações de salinidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Avicennia schaueriana*, bioindicadores, *Eugenia uniflora*, plantas halófitas

## INTRODUÇÃO

Plantas estão sujeitas a uma grande variedade de estresses que tendem a restringir suas chances de desenvolvimento e sobrevivência. Do ponto de vista fisiológico, estresse pode ser descrito como um estado em que demandas crescentes de energia pela planta levam a uma desestabilização das funções normais (Larcher, 1995), que acontecem sob disponibilidades regulares de condições e recursos. Efeitos de estresse são observados, por exemplo, por alterações nas propriedades da membrana celular, aumento na respiração celular, inibição da fotossíntese, redução na produção de biomassa, distúrbio no crescimento, fertilidade reduzida e senescência prematura (Larcher, 1995).

Um método desenvolvido para avaliação de resposta a estresse é a análise da assimetria flutuante, que é caracterizada como a incapacidade dos indivíduos em manter o desenvolvimento idêntico de caracteres bilaterais em ambos os lados do corpo (Van Valen, 1962; Lempa *et al.*, 2000; Leung *et al.*, 2000). Influências ambientais ou genéticas podem interromper a comunicação entre as estruturas laterais nos organismos, dificultando a preservação da simetria enquanto existe tentativa de recuperação de uma situação de estresse (Freeman *et al.*, 2003). A assimetria flutuante vem sendo cada vez mais utilizada como um indicador de estressores antropogênicos em ecossistemas naturais (Parsons, 1990), principalmente para plantas, que são organismos sésseis e, portanto, devem refletir as

condições locais (Schlichting, 1986). Além disso, plantas têm geralmente maiores níveis de plasticidade fenotípica do que animais (Schlichting, 1986), o que significa que efeitos de vários estressores podem ser mais aparentes e, potencialmente, mais fáceis de serem medidos e quantificados (Hagen & Ims, 2003). A quantificação de assimetria leva vantagem sobre outros bioindicadores por apresentar baixo custo (Clarke, 1993).

Um importante fator de estresse para plantas é a salinidade do solo, devido à retenção osmótica de água, pois, conforme a salinidade aumenta, a água se torna cada vez mais inacessível para as plantas (Larcher, 1995). Em plantas não tolerantes à salinidade, o excesso de sal no meio provoca estresse tanto por desidratação quanto por desestabilização do balanço iônico, que rapidamente leva à destruição de membranas biológicas (Schulze *et al.*, 2002). Efeitos do sal podem conduzir a uma série de disfunções fisiológicas que limitam ou impedem o crescimento vegetativo e reprodutivo dos indivíduos (Kozłowski, 1997), com conseqüências sobre a dinâmica e estrutura das populações.

Em ambientes estuarinos, nos quais há um gradiente de salinidade bem marcado, as condições vão de muito próximas às marinhas até condições próximas de água doce (Ribeiro, 2011), afetando a distribuição das espécies. Partindo da premissa de que espécies vegetais são menos abundantes nos

locais mais estressantes, foi questionado se, nos locais em que uma espécie é menos abundante, haveria resposta a estresse na forma de assimetria flutuante, refletida na simetria foliar. A hipótese é que ocorra um aumento da assimetria foliar conforme os ambientes se tornem cada vez mais estressantes para as espécies, devido ao gasto energético em contornar esse estresse e um conseqüente desvio da função de manutenção da simetria bilateral. Para testar essa hipótese, foram comparados os índices de assimetria foliar em duas espécies de plantas em ambientes distintos com relação à salinidade da água.

## MATERIAL & MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado no estuário do rio Guaraú, na Estação Ecológica Juréia-Itatins (24°30'S e 47°05'O), município de Peruíbe, localizado no litoral sul do estado de São Paulo. Estuários se caracterizam por um gradiente de salinidade bem demarcado, sendo que na desembocadura a salinidade é maior, tendendo a diminuir em direção à montante (Duleba *et al.*, 2004). A variação na salinidade nesses ambientes tem um importante papel na distribuição das espécies vegetais e, portanto, na estruturação das comunidades (Greenwood & MacFarlane, 2008; Touchette, 2006). Nesse estuário, em particular, a riqueza de espécies aumenta com a diminuição da salinidade na água, não havendo sobreposição de espécies entre locais de água doce e locais de água salgada, somente no local de salinidade intermediária (Sgarbi *et al.*, 2011).

### Coleta de dados

Foram amostrados três pontos ao longo da vegetação da margem direita do rio Guaraú, aproximadamente 1 km distantes entre si. Esses pontos foram determinados de modo a compreender três níveis de salinidade da água: água doce (baixa salinidade), água salobra (salinidade intermediária) e água salgada (alta salinidade). Nos pontos de água doce e água salobra, foram amostrados indivíduos de *Eugenia uniflora* (Myrtaceae), espécie mais abundante no ambiente de água doce, considerado para esta o ambiente menos estressante, uma vez que não possui mecanismos específicos de tolerância ao sal. Nos pontos de água salobra e água salgada, foram amostrados indivíduos de *Avicennia schaueriana* (Acanthaceae), espécie mais abundante no ambiente de água salgada, considerado para esta o ambiente menos estressante, pois se trata de uma espécie halófito e possui adaptações que permitem

tolerar altas concentrações de sal no meio, como glândulas de sal (Tomlinson, 1986).

Em cada ponto, foi percorrido um transecto de 70 m, no qual foram amostrados sistematicamente os 10 primeiros indivíduos avistados de cada espécie. Em cada um dos indivíduos, foram coletadas 5 folhas, à altura aproximada de 1,50 m, cada uma de um ramo, sendo amostrados sistematicamente os 5 primeiros ramos avistados por árvore. As folhas coletadas eram sempre folhas maduras, sem marcas de herbivoria e sem manchas escuras ou amareladas, que poderiam indicar injúrias sofridas pelas folhas e interferir nos efeitos analisados no estudo.

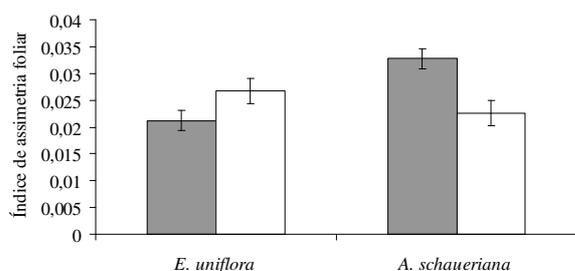
Para testar a presença de assimetria foliar nas árvores do manguezal em resposta ao estresse salino, foi medido para cada folha o comprimento da nervura central do pecíolo até o ápice. No ponto médio do comprimento da nervura central e a um ângulo de 90°, foram medidos os valores de largura foliar à direita (D) e à esquerda (E) dessa nervura. A partir desses valores, foi calculado um índice de assimetria foliar, pela razão entre o valor absoluto das diferenças das larguras e a largura total ( $|D-E|/D+E$ ).

### Análise de dados

Para cada espécie, em cada um dos pontos, foi estimada a média dos índices de assimetria foliar dos indivíduos e utilizada como estatística de interesse a diferença entre as médias de assimetria entre os pontos salobra e doce para *E. uniflora* e entre os pontos salgado e salobra para *A. schaueriana*. Em ambos os casos, esperava-se uma assimetria foliar maior no ambiente salobra. Os valores de assimetria ( $|D-E|/D+E$ ) para cada espécie foram aleatorizados entre os ambientes e a estatística de interesse recalculada 10.000 vezes, simulando um cenário nulo em que os valores de simetria foliar não fossem dependentes do gradiente de salinidade encontrado no estuário. Dos 10.000 valores obtidos, aqueles maiores ou iguais às diferenças de médias observadas foram contabilizados para estimativa da probabilidade dos valores observados sob a hipótese nula.

## RESULTADOS

O índice de assimetria médio para *E. uniflora* foi maior em ambiente de água doce do que em água salobra, mas essa diferença não foi significativa ( $p = 0,906$ ). Para *A. schaueriana*, a assimetria média foi maior em ambiente salobra do que em ambiente salgado, sendo essa diferença estatisticamente significativa ( $p = 0,015$ ; Figura 1).



**Figura 1.** Médias dos índices de assimetria foliar para *Eugenia uniflora* e para *Avicennia schaueriana* nos ambientes considerados não-estressantes (branco) e estressantes (cinza) com relação ao gradiente de salinidade. Barras verticais indicam o erro-padrão. Asteriscos representam diferenças significativas.

## DISCUSSÃO

Não foi encontrada diferença entre os índices de assimetria foliar em *E. uniflora* entre os pontos salobro e doce, portanto, não corroborando a hipótese de estudo. É possível que, apesar da diferença de salinidade, a variação ao longo gradiente não seja intensa o suficiente para induzir uma resposta na forma de assimetria foliar. Contudo, não é possível descartar a possibilidade de que em uma amostragem de *E. uniflora* em locais com maior variação na salinidade, fossem encontradas diferenças na assimetria flutuante. Outra possibilidade é que essa espécie de planta não responda à salinidade no atributo analisado mesmo na presença de um gradiente marcante de salinidade, mas responda ao estresse em outras características, uma vez que existe aumento da abundância de indivíduos dessa espécie acompanhando a diminuição da salinidade (*obs. pess.*).

Outras características que podem evidenciar respostas ao estresse por excesso de sal podem ser a germinação de sementes, que é geralmente mais bem-sucedida em ambientes livres de salinidade, e processos de crescimento, que são especialmente sensíveis aos efeitos do sal (Larcher, 1995). Estudos futuros poderiam abordar taxa de sucesso germinativo e crescimento de caules e raízes com relação ao grau de salinidade presente na água e, conseqüentemente, no solo, para acessar respostas a estresse salino desta espécie. Se a salinidade de fato gera estresse na germinação, seriam esperadas menores taxas de sucesso germinativo das sementes em plantas em situações de estresse com relação à salinidade. Da mesma maneira, se a salinidade gera estresse sobre o crescimento, espera-se caules e raízes menores em ambientes estressantes em relação à salinidade.

Para *A. schaueriana*, as folhas dos indivíduos coletados no ponto salobro foram mais assimétricas que as do ambiente salgado, corroborando a hipótese de aumento de assimetria conforme o ambiente fosse considerado mais estressante para a espécie. De acordo com o modelo de Grime (1979), o ambiente menos salino pode não ser menos estressante abioticamente para *A. schaueriana*, mas sim um ambiente mais competitivo (Emery *et al.*, 2001; Crain *et al.*, 2004), uma vez que, neste local, várias outras espécies também conseguem se estabelecer. Se a competição provocar assimetria foliar em função do gasto energético implicado pelo aumento da competição, isso poderia consistir em uma explicação alternativa para o padrão encontrado. Entretanto, não há evidências na literatura relacionando assimetria foliar e estresse por competição, de modo que estudos futuros poderiam acessar esse atributo com relação às interações com as outras espécies presentes no mesmo ambiente.

## AGRADECIMENTOS

Aos funcionários da Estação Ecológica Juréia-Itatins Hamilton, Juscelino, Leandro e Márcio, pela colaboração incansável em campo; aos monitores e organizadores do curso, pela paciência e solicitude; a Paulo Inácio, pelo auxílio nas análises estatísticas; à Renata, pelo bom-humor apesar das condições extremamente adversas; ao meu anjo, pelas guloseimas deliciosas; e a todos os bons amigos, velhos ou novos, feitos no curso, pelo carinho, companheirismo e amizade, em especial os integrantes do quarto Apnéia (Mariana, Luciano e Leonardo).

## REFERÊNCIAS

- Clarke, G.M. 1993. Fluctuating asymmetry of invertebrate populations as a biological indicator of environmental quality. *Environmental Pollution*, 82:207-211.
- Crain, C.M.; B.R. Silliman; S.L. Bertness & M.D. Bertness. 2004. Physical and biotic drivers of plant distribution across estuarine salinity gradients. *Ecology*, 85:2539-2549.
- Duleba, W.; J.P. Debenay & S.H.M. Souza. 2004. Caracterização ambiental dos estuários dos rios Guaraú, a partir de análises sedimentológicas e das associações de foraminíferos e tecamebas, pp. 68-85. Em: *Estação Ecológica Juréia-Itatins - Ambiente físico, flora e fauna* (O.A.V. Marques & W. Duleba, eds.). Editora Holos, Ribeirão Preto.

- Emery, N.C.; P.J. Ewanchuk & M.D. Bertness. 2001. Competition and salt-marsh plant zonation: stress tolerators may be dominant competitors. *Ecology*, 82:2471-2485.
- Freeman, D.C.; M.L. Brown; M. Dobson; Y. Jordan; A. Kizy; C. Micallef; L.C. Hancock; J.H. Graham & J.M. Emlen. 2003. Developmental instability: measures of resistance and resilience using pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Biological Journal of the Linnean Society*, 78:27-41.
- Greenwood, M.E. & G.R. Macfarlane. 2008. Effects of salinity on competitive interactions between two juncus species. *Aquatic Botany*, 90:23-29.
- Grime, J.P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Hagen, S.B. & R.A. Ims. 2003. Fluctuating asymmetry as an indicator of climatically induced stress in mountain birch (*Betula pubescens*). ACIA-funded project.
- Kozlowski, T.T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph*, 1:1-29.
- Larcher, W. 1995. *Physiological Plant Ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Lempa, K.; J. Martel; J. Koricheva; E. Haukioja & V. Ossipov. 2000. Covariation of fluctuating asymmetry, herbivory and chemistry during birch leaf expansions. *Oecologia*, 122:354-360.
- Leung, B.; M.R. Forbes & D. Houle. 2000. Fluctuating asymmetry as a bioindicator of stress: comparing efficacy of analysis involving multiple traits. *The American Naturalist*, 155:101-115.
- Parsons, P.A. 1990. Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. *Biological Reviews*, 65:57-72.
- Ribeiro, J.P.N. 2011. Distribuição vegetal ao longo dos gradientes ambientais de um estuário irregular. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 116 pp.
- Schlichting, C.D. 1986. The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annual Review in Ecology and Systematics*, 17:667-693.
- Schulze, E.D.; E. Beck & K. Müller-Hohenstein. 2002. *Plant Ecology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Sgarbi, L.F.; L.L. Bergamini; R.M. Belo & A.E. Carvalho. 2011. Gradiente de salinidade como determinante da variação na riqueza e composição de espécies vegetais em um estuário. Em: Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica" (G. Machado & P.I.K.L. Prado, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Tomlinson, P.B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press, New York.
- Touchette, B.W. 2006. Salt tolerance in a *Juncus roemerianus* brackish marsh: Spatial variations in plant water relations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 337:1-12.
- Van Valen, L. 1962. A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*, 16:125-142.