



Indivíduos agregados de *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) investem menos em raízes escoras do que indivíduos isolados?

Lucas Teixeira, Louise Alissa, Murillo Rodrigues & Rodolfo Liporoni

RESUMO: Facilitação é uma relação ecológica entre plantas na qual um indivíduo beneficia outro indivíduo, seja coespecífico ou heteroespecífico. Um dos mecanismos de facilitação é a provisão de refúgios contra estresse físicos. Indivíduos de *Rhizophora mangle* estão sujeitos à instabilidade do solo e é possível que indivíduos agregados garantam maior sustentação uns aos outros. Portanto, hipotetizamos que indivíduos agregados de *R. mangle* investem menos em sustentação do que indivíduos isolados. Amostramos indivíduos isolados e agregados em uma área de manguezal e medimos a área total de raízes por indivíduo. Obtivemos resíduos descontando o efeito do tamanho da área total e comparamos as médias dos resíduos entre indivíduos isolados e agregados. Indivíduos agregados não investem menos em sustentação que indivíduos isolados. Como raízes também estão envolvidas com trocas gasosas, sugerimos que os indivíduos investem igualmente em raízes para essa função. Outra possibilidade é que a facilitação esteja ocorrendo dentro das agregações entre indivíduos de diferentes idades.

PALAVRAS-CHAVE: estresse abiótico, facilitação, interações intraespecíficas, mangue vermelho, manguezal.

INTRODUÇÃO

A facilitação é uma interação biológica positiva entre dois indivíduos, na qual pelo menos um deles beneficia o outro (Callaway, 2009). Essa relação pode ser intraespecífica, quando ocorre entre indivíduos da mesma espécie, ou interespecífica, quando os indivíduos envolvidos pertencem a espécies diferentes (Brooker *et al.*, 2008). Diversos mecanismos podem gerar interações de facilitação (Bronstein, 2009), incluindo a provisão de serviços ou de transporte. Outro mecanismo se refere à provisão de refúgio, em que um indivíduo protege outro contra competição, predação ou estresse abiótico (Callaway, 2009).

Mecanismos de facilitação por provisão de refúgio contra estresse abiótico ocorrem quando um indivíduo torna o ambiente mais propício à sobrevivência e crescimento de outro (Callaway, 2009). Por exemplo, árvores pioneiras conseguem crescer em ambientes abertos, com solos expostos a uma forte incidência solar, condições que seriam prejudiciais para outras plantas. Contudo, uma vez que árvores pioneiras crescem e geram sombreamento do substrato, elas alteram as condições microclimáticas do local onde estão, criando um refúgio mais úmido e menos exposto à incidência solar em torno de si, no qual outras plantas podem se estabelecer (Brooker *et al.*, 2008). Dessa forma, indivíduos de plantas pioneiras tornam-se facilitadores para indivíduos de outras plantas ao amenizar o estresse abiótico.

Um exemplo de ambiente cujas condições abióticas podem ser estressantes são os manguezais. Inundações periódicas de acordo com o ciclo das marés, a salinidade da água e solo argiloso, instável e com baixa oxigenação, geram estresse para as plantas (Lugo & Snedaker, 1974). Entretanto, algumas espécies possuem características que permitem a sobrevivência nesse ambiente, como é o caso do mangue-vermelho, *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae). Indivíduos dessa espécie possuem projeções do caule para sustentação chamadas raízes escoras. Essas estruturas de suporte são robustas e abrangem uma grande área sobre o solo (Gill & Tomlinson, 1977), o que faz com que indivíduos agregados de *R. mangle* tenham suas raízes entrelaçadas umas às outras. O entrelaçamento de raízes pode proporcionar uma maior sustentação para indivíduos agregados, já que indivíduos podem se apoiar uns nos outros (Figura 1).

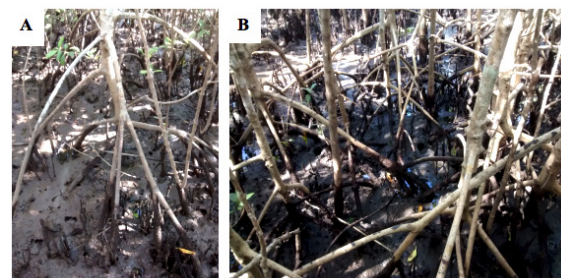


Figura 1. Indivíduos (A) isolados e (B) agregados do mangue-vermelho, *Rhizophora mangle*.

Apesar dos benefícios gerados pelas raízes escoras, sua produção deve ser custosa. Como o investimento em raízes deve ter um caráter plástico, a sua produção pode responder à demanda de sustentação (Gill & Tomlinson, 1977). Se indivíduos agregados de *R. mangle* se beneficiam do suporte provido pelas raízes de outros indivíduos, então a necessidade de investir em raízes deveria ser menor quando os indivíduos crescem agregados. Dessa forma, buscamos entender se ocorre facilitação de suporte entre indivíduos de *R. mangle*, investigando como a agregação de indivíduos influencia o investimento em raízes escoras. Nossa hipótese é que indivíduos agregados de *R. mangle* investem menos em raízes escoras do que indivíduos isolados.

MATERIAL & MÉTODOS

Buscamos indivíduos de *R. mangle* no mangue às margens do Rio Guaraú (24°22' S, 47°01' O), município de Peruíbe, litoral sul de São Paulo. Amostramos indivíduos isolados e agregados. Consideramos o indivíduo como isolado quando suas raízes escoras estavam a pelo menos 1 m de distância das raízes de outros indivíduos co-específicos. Indivíduos agregados eram aqueles cujas raízes escoras se tocavam. Amostramos 10 indivíduos isolados e 10 agregações, de maneira arbitrária e em um raio de 30 m a partir do começo da entrada do mangue.

Para medir o investimento do indivíduo em raízes escoras, medimos o perímetro de todas as raízes que apontavam para o solo e, a partir do perímetro, calculamos a área de cada seção das raízes escoras. Somamos todas as áreas de seção estimadas para todas as raízes de um indivíduo e obtivemos a área total das raízes escoras, variável que representa o investimento individual em sustentação. Como os indivíduos devem investir em raízes escoras de forma proporcional ao seu tamanho, ponderamos o investimento individual em raízes pelo tamanho do indivíduo. Medimos o perímetro do tronco logo acima da primeira raiz que se projetava ao solo (PAR – perímetro à altura da raiz). Consideramos que, assim como o diâmetro à altura do peito (DAP), o valor do PAR de um indivíduo é diretamente proporcional ao seu tamanho.

Para descontar o efeito do tamanho no investimento individual em raízes, realizamos uma regressão linear com PAR como variável independente e área total das raízes escoras como variável dependente. Calculamos os resíduos da regressão, que representam o investimento individual em relação ao tamanho. Valores positivos indicam um investimento maior que o esperado em raízes escoras para

um dado valor de PAR, enquanto valores negativos indicam um investimento menor que o esperado para um indivíduo do seu tamanho. Para indivíduos isolados, utilizamos o resíduo da regressão linear. Para indivíduos agregados, fizemos a média dos resíduos dos indivíduos dentro da agregação para representar o investimento individual médio.

Para testar nossa hipótese, calculamos a média dos resíduos para indivíduos isolados e a média dos resíduos médios para cada agregação. Então, calculamos a diferença entre a média para indivíduos isolados e agregados. Permutamos os resíduos entre os indivíduos isolados e agregados 10.000 vezes, construindo o cenário nulo em que não há diferença no investimento em raízes de acordo com o grau de agregação dos indivíduos. Calculamos o valor de p para valores maiores ou iguais à nossa estatística de interesse observada e estabelecemos um nível de significância de 0,05. Nossa previsão é que indivíduos isolados deveriam possuir maior resíduo médio quando comparados aos indivíduos agregados.

RESULTADOS

A área total de raízes variou entre 19,3 e 654,9 cm², com média de 229,7 cm². A média dos valores de PAR foi de 16,6 cm, com valor mínimo de 8,0 cm e máximo de 31,0 cm. A relação entre o PAR e a área total de raízes foi linear (Figura 2). Para indivíduos com valores de PAR maiores que 23,0 cm, a maioria dos agregados apresentou valores de resíduos positivos (Figura 2). A média dos resíduos dos indivíduos isolados foi menor que a média dos resíduos dos indivíduos que estavam agregados (Figura 3). Entretanto, a diferença entre as médias dos resíduos não foi significativa (diferença entre médias = 8,81; p = 0,604).

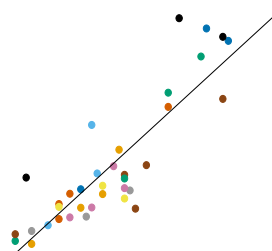


Figura 2. Área total das raízes escoras em função dos valores de PAR (perímetro à altura da raiz) para indivíduos agregados e isolados de *Rhizophora mangle*. Cores iguais no gráfico da esquerda representam indivíduos que pertenciam a uma mesma agregação.

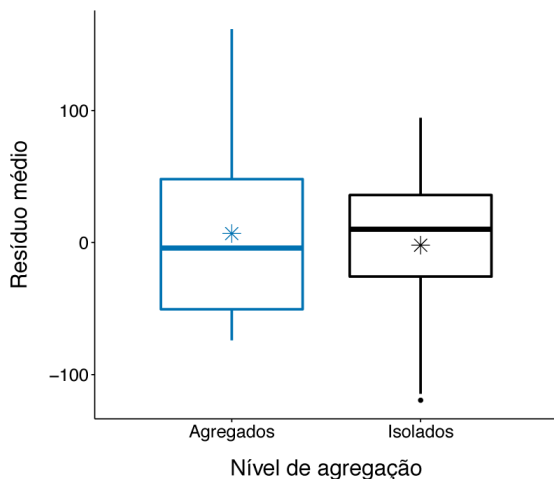


Figura 3. Boxplot dos resíduos médios para indivíduos de *Rhizophora mangle* em agregação e isolados. O asterisco representa a média, a barra horizontal representa a mediana, e a caixa representa o intervalo com 50% dos valores.

DISCUSSÃO

Como o investimento em raízes escoras é custoso e os indivíduos podem se apoiar uns nos outros quando agregados, esperávamos que o investimento em sustentação dos indivíduos de *R. mangle* fosse menor quando agregados. Porém, observamos que o investimento em sustentação não diferiu entre indivíduos isolados ou agregados, o que não corroborou nossa hipótese. Assim, não ocorre facilitação de suporte entre indivíduos agregados de *R. mangle*.

O padrão observado pode ser explicado pelo fato de que as raízes escoras de *R. mangle* desempenham outras funções além da sustentação. Por exemplo, as raízes escoras possuem lenticelas (Gill & Tomlinson, 1977), que são estruturas responsáveis por trocas gasosas (Cutter, 1986). Os manguezais são constantemente inundados devido à dinâmica de marés e possuem solo fino e pouco oxigenado (Feller *et al.*, 2010). Dado que as raízes contribuem para as trocas gasosas dos tecidos vegetais, é possível que o investimento em raízes escoras não varie entre indivíduos agregados e isolados, pois investir menos em raízes prejudicaria a função respiratória.

Constatamos uma grande variação no investimento em sustentação em função do tamanho em indivíduos agregados de *R. mangle* (Figura 2). Há indícios de que indivíduos maiores tendem a investir mais em sustentação do que seria esperado para o seu tamanho. O menor investimento dos indivíduos menores pode indicar que eles se beneficiam da estrutura de sustentação desenvolvida por indivíduos maiores que chegaram primeiro na agregação. Assim, estudos futuros poderiam

investigar se ocorre facilitação entre indivíduos de diferentes idades. Nesse caso, esperaríamos que indivíduos menores investissem menos em raízes quando associados a indivíduos maiores.

O investimento em raízes escoras não variou quando comparamos os indivíduos isolados e agregados de *R. mangle*. O padrão encontrado pode ser explicado caso as raízes exerçam outras funções além da sustentação, como trocas gasosas pelas lenticelas. Assim, seu investimento poderia ser o mesmo independente se o indivíduo está isolado ou agregado. Por outro lado, há indícios de que os indivíduos agregados investem de forma diferente do que seria esperado de acordo com o seu tamanho. Concluímos que não existe diferença no investimento médio em sustentação entre indivíduos isolados e agregados de *R. mangle*, mas ainda cabe investigar se a facilitação pode ocorrer entre os indivíduos agregados de diferentes idades e tamanhos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Paula e à Diana pela orientação durante todas as etapas do projeto, especialmente durante a coleta de dados, e à Paula, ao Prof. Paulo Inácio e ao Billy pelas valiosas sugestões durante a redação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- Bertness, M.D. & G.H. Leonard. 1997. The role of positive interactions in communities: lessons from intertidal habitats. *Ecology*, 78:1976-1989.
- Brooker, R.W.; F.T. Maestre; R.M. Callaway; C.L. Lortie; L.A. Cavieres; G. Kunstler; P. Liancourt; K. Tielbörger; J.M.J. Travis; F. Anhelme; C. Armas; L. Coll; E. Corcket; S. Delzon; E. Forey; Z. Kikvidze; J. Olofsson; F. Pugnaire; C. L. Quiroz; P. Saccone; K. Schiffrers; M. Seifan; B. Touzard & R. Michalet. 2008. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. *Journal of Ecology*, 96:18-34.
- Bronstein, J.L. 2009. Mutualism and symbiosis, pp. 233-238. Em: *The Princeton guide to ecology* (S.A. Lewin, ed.). Princeton University Press, Princeton.
- Callaway, R.M. 2009. Facilitation and the organization of plant communities, pp. 282-288. Em: *The Princeton guide to ecology* (S.A. Lewin, ed.). Princeton University Press, Princeton.
- Cutter, E. G. 1986. *Anatomia vegetal*. Editora Roca, São Paulo.
- Feller, I.C.; C.E. Lovelock; U. Berger; K.L. McKee;

S.B. Joye & M.C. Ball. 2010. Biocomplexity in mangrove ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 2:395-417.

Gill, A.M. & P.B. Tomlinson. 1977. Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). *Biotropica*, 9:145-155.

Lugo, A.E. & S.M. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5:39-64.

Orientação: Paula Z. Giroldo & Diana B. Garcia