



FRAGMENTAÇÃO DE HABITATS E DOMINÂNCIA DE PIONEIRAS NAS ASSEMBLEIAS DE ÁRVORES: EVIDÊNCIAS DE UMA VELHA PAISAGEM DA FLORESTA ATLÂNTICA NORDESTINA

W.R. Almeida¹

F.P.L. Melo²; M. Tabarelli¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Av. Moraes Rego, s/n, Cidade Universitária, 50670 - 901, Recife, Brasil.

Telefone: 55 81 2126 8944-wanereal@yahoo.com.br

² Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste - CEPAN, Rua Nogueira de Souza, 190/102, Pina, 51110 - 110, Recife, Brasil.

INTRODUÇÃO

A fragmentação florestal tem alterado os processos de recrutamento e estabelecimento de muitas espécies arbóreas afetando a capacidade de regeneração dos fragmentos florestais. Por exemplo, as consequências do efeito de borda modificam as condições abióticas da borda, aumentando as taxas de mortalidade de plântulas (8; 3; 9). Adicionalmente, as modificações nas interações planta - animal como resultado da redução ou desaparecimento de polinizadores e de dispersores de sementes afeta a produção de frutos/sementes e o movimento de propágulos dentro e entre fragmentos (20; 13). Entretanto, se os processos ecológicos perdidos ou alterados com a fragmentação fossem capazes de se reestabelecer em médio prazo, seria razoável esperar a regeneração da flora arbórea (4). Mas, se esses processos ecológicos são afetados por perturbações duradouras ou até permanentes, é razoável esperar que a regeneração desses fragmentos seja: incapaz de re - estabelecer uma flora arbórea semelhante à originalmente presente (22) ou num cenário mais extremo, a regeneração pode chegar a ser “retrogressiva” e dar sinais de na erosão de biodiversidade dentro dos grupos funcionais mais vulneráveis devido às contínuas fontes de perturbação.

Se isso é correto, sinais de empobrecimento e consequente simplificação da flora dos fragmentos florestais devem ser facilmente percebidos nas fases de plântula e/ou jovens. Portanto, uma maneira factível de identificar esses sinais é a comparação da composição funcional e taxonômica entre assembleias de plântulas, jovens e adultos em fragmentos florestais,. Uma grande similaridade tanto taxonômica quanto funcional entre o “pool” regenerativo (plântulas e juvenis) e a assembleia de adultos sugeriria pouca modificação e nenhum incremento da diversidade da flora futura. Num cenário mais severo, um aumento na proporção de plântulas de espécies pioneiras (*i.e.* associadas a estádios iniciais de regeneração) e espécies de plântulas com sementes

pequenas (dispersas por generalistas) caracterizariam inclusive uma regeneração retrogressiva, ou “degeneração” (*i.e.* perda contínua de espécies) dos fragmentos.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi testar as seguintes hipóteses: (i) a assembleia de plântulas e jovens apresentam menor riqueza de espécies, quando comparados à assembleia de adultos; (ii) o banco de plântulas apresenta a maior proporção de indivíduos e de espécies pioneiras e com sementes pequenas e (iii) há uma diferenciação taxonômica entre os estágios de plântula, juvenis e adultos. Além disso, também discutiremos como o processo de fragmentação severa dirige mudanças nas assembleias de espécies arbóreas de pequenos fragmentos e quais as implicações dos padrões encontrados para a persistência da biodiversidade em fragmentos florestais.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado um trecho da floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco, nas propriedades pertencentes à Usina Serra Grande (USGA) localizada no norte do estado de Alagoas (8^o 30' S, 35^o 50' O). Para o estudo foram selecionados 20 fragmentos entre 3,4 e 91,1 ha, nos quais havia um inventário prévio da flora adulta de espécies arbóreas com diâmetro a altura do peito (DAP) \geq 10 cm (18). No centro de cada fragmento, durante a estação seca de 2007/2008, foram inventariadas as floras de espécies arbóreas nos estágios de plântulas (indivíduos com até 50 cm de altura, sem indícios de propagação vegetativa) e juvenis (indivíduos com DAP \geq 2 e \leq 5 cm). A área de coleta, em cada fragmento foi 0,1 ha (10 X 100 m) na qual foram

sorteados os pontos de coleta. O número de indivíduos coletados foi padronizado de acordo com o número de adultos coletados no levantamento pretérito (18).

Para investigar o empobrecimento e a simplificação da assembleia arbórea em uma paisagem fragmentada foram realizadas três abordagens entre comparações nos estágios de plântulas, juvenis e adultos de espécies arbóreas. A primeira foi para verificar se existe empobrecimento da assembleia de árvores entre nos três estágios ontogenéticos. Para isso, foi calculado o número de espécies por fragmento para cada um dos três estágios. A segunda abordagem foi para verificar modificações na composição funcional. Para isso todas as espécies foram classificadas de acordo com dois grupos funcionais: (i) estratégia de regeneração em: pioneiras, aquelas que requerem altas taxas de luminosidade para sua regeneração, como em bordas florestais e clareiras e tolerantes à sombra, aquelas capazes de regenerar em locais sombreados e espécies pioneiras (7; 21) e (ii) tamanho de suas sementes: pequenas ($< 1,5$ cm) e grandes ($\geq 1,5$ cm). Por fim, foi calculado percentual de indivíduos e de espécies pioneiras, como também, o percentual de indivíduos e de espécies com sementes pequenas para cada estágio ontogenéticos em todos os fragmentos. A terceira abordagem foi para verificar a diferenciação na composição taxonômica, na qual foi realizada uma comparação de similaridade taxonômica entre três estágios ontogenéticos.

Para testar a hipótese que a assembleia de plântulas e jovens apresentam menor riqueza de espécies, quando comparados à assembleia de adultos foram utilizadas análises de variância (ANOVA um fator) seguidas por teste de Tukey a posteriori (28). Os mesmos testes foram usados para testar a hipótese que o estágio de plântula apresenta a maior proporção de indivíduos e de espécies pioneiras, e com sementes pequenas. Os dados percentuais foram transformados em arcosseno para satisfazer os pressupostos exigidos pelo teste. Para todas as análises foram verificadas a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos (28). Para testar a hipótese que há uma diferenciação taxonômica entre os estágios de plântula, juvenis e adultos foi realizada a técnica de ordenação escalonamento multidimensional não métrico, com base no índice de similaridade de Bray - Curtis calculado através da abundância das espécies. Todas as análises foram executadas no programa Primer 5 (5).

RESULTADOS

Foram encontradas diferenças entre a riqueza de espécies nos três estágios ontogenéticos ($F_{2,57} = 4,348$; $p = 0,017$). O estágio de plântulas apresentou em média a menor riqueza, aproximadamente 27% a menos de espécies que no estágio de adultos ($p = 0,013$), mas não foi observada diferença entre os estágios de plântulas e juvenis ($p = 0,447$), nem entre juvenis e adultos ($p = 0,208$). O padrão de empobrecimento no estágio de plântulas de espécies arbóreas encontrado nesse estudo já era esperado, pois os efeitos da fragmentação envolvem alterações nas interações planta - animal que interferem diretamente nos processos de recrutamento e estabelecimento de plântulas e podem agir simultaneamente e explicar a diminuição na riqueza de espécies (25). No entanto, a explicação mais parcimoniosa para a

perda de espécies no estágio de plântulas é a redução de espécies de grupos funcionais específicos, como espécies tolerantes à sombra e de sementes grandes. Esse padrão pode ser consequência da interação de dois fatores chaves: i) perturbação das condições ambientais nos fragmentos florestais que não favorece o recrutamento de tais grupos (3; 10; 11; 23; 16; 1) e ii) ausência de animais que realizem o serviço de dispersão das grandes sementes, levando à diminuição na chuva de sementes alóctones (6; 14; 26). De qualquer maneira, independente do processo subjacente, não ocorrerá o incremento na riqueza de espécies para que o processo de regeneração avance para estádios de maior diversidade florística.

Não houve diferença no percentual de indivíduos ($F_{2,57} = 0,485$; $p = 0,617$) ou de espécies arbóreas ($F_{2,57} = 1,318$; $p = 0,275$) pioneiras entre os estágios de plântulas, juvenis e adultos, e com os três estágios ontogenéticos apresentando alto percentual de indivíduos e espécies pioneiras. Foram encontradas diferenças entre o percentual de indivíduos com sementes pequenas entre os três estágios ontogenéticos. O estágio de plântulas apresentou em média 10% mais indivíduos ($F_{2,57} = 4,255$; $p = 0,019$) e 11% mais espécies arbóreas ($F_{2,57} = 9,403$; $p < 0,005$) com sementes pequenas do que o estágio de juvenis ($p = 0,014$). No entanto, não houve diferença entre o percentual de indivíduos com sementes pequenas entre os estágios de plântulas e de adultos ($p = 0,244$), como também entre os juvenis e adultos ($p = 0,407$). Ademais, o estágio de plântula apresentou em média 6% a mais de espécies com sementes pequenas do que no estágio de adulto ($p = 0,011$), contudo, não houve diferença entre o percentual médio de espécies com sementes pequenas entre os estágios de juvenis e de adultos ($p = 0,447$).

De modo geral, as mudanças na composição funcional de árvores resultam do conjunto de fatores abióticos e bióticos. A criação de bordas florestais tem como consequência uma forte modificação do microclima e estimula a germinação e crescimento de espécies. Estudos mostram também que um alto percentual de espécies pioneiras em fragmentos florestais pequenos pode ser comum mesmo em paisagens com um longo histórico de fragmentação (12; 19). Nessas paisagens, se espera que o gradiente microclimático entre borda e núcleo de pequenos fragmentos já não seja perceptível, pois os fragmentos comportam - se como uma grande e única borda (15). Isso sugere que a persistência de pioneiras pode ser um processo permanente mesmo em paisagens fragmentadas há muito tempo, onde se supõe que a regeneração já tenha amenizado os efeitos da perturbação inicial da fragmentação (17; 27; 11). Isso explicaria o alto percentual de indivíduos e espécies pioneiras encontradas nesse estudo. Um fator importante para o reestabelecimento da vegetação é a chuva de semente (2), no entanto, sua composição depende da composição florística do entorno dos fragmentos e da disponibilidade de dispersores (24). Desta maneira, como a flora adulta de toda a região já se encontra dominada por espécies com sementes pequenas, a chuva de sementes dos fragmentos focais também teria um alto percentual de espécies com sementes pequenas. Consequentemente, aumentaria a probabilidade de recrutamento de espécies com estas características. Além disso, a maio-

ria das espécies de sementes pequenas também são espécies pioneiras e por isso encontram sítios favoráveis para germinar nos fragmentos. Assim, fragmentos florestais inseridos em uma paisagem com longo período de perturbação tendem a permanecer em estádios iniciais de sucessão (19), aumentando cada vez mais, em termos percentuais, a representatividade de espécies típicas estádios iniciais de regeneração (e.g. pioneiras e de sementes pequenas). Tal padrão sugere que a regeneração poderá chegar a ser “retrogressiva” e a flora futura pode ser ainda mais empobrecida tanto taxonômica quanto funcionalmente.

Verificamos uma separação na composição taxonômica entre os estágios de plântulas, juvenis e adultos, identificada pela técnica do NMDS, suportadas por um baixo nível de estresse ($S=0,18$). Esse empobrecimento pode alterar o potencial regenerativo da floresta (3). Algumas evidências dessas alterações são: a redução na riqueza de espécies no estágio de plântulas, a proliferação de plântulas de espécies com pequenas sementes e intolerantes à sombra. Portanto, é razoável supor que esse empobrecimento e a diferenciação no percentual dos grupos funcionais entre os estágios ontogenéticos também se traduza em diferenciação taxonômica. Isso leva a pensar que cada estágio ontogenético passou, ou ainda, passa por filtros ecológicos e ambientais diferentes, explicando a separação na composição taxonômica encontrada nesse estudo entre os estágios de adultos, juvenis e plântulas. Desta maneira, fragmentos pequenos inseridos em uma paisagem antiga tendem a reter uma sub-amostra da flora original, simplificada em composição funcional e taxonômica (25).

CONCLUSÃO

A fragmentação florestal é responsável por manter a flora arbórea dos fragmentos florestais sempre em estádios iniciais de regeneração, empobrecidos e com a composição funcional e taxonômica simplificadas, não alcançando a complexidade estrutural e ecológica de uma floresta madura. Esse estudo mostrou que a regeneração das florestas hiper-fragmentadas pode chegar a ser “retrogressiva” devido a perda pronunciada de grupos funcionais no estágio de plântula. Portanto, a fragmentação ocorrida há muitas décadas causa a extinção de importantes agentes mutualísticos (e.g. dispersores) e pode limitar severamente as condições ambientais impedindo o avanço do processo de regeneração natural. Como consequência, espécies de plantas típicas de floresta madura tendem a se tornar cada vez mais raras na paisagem futura, pois são pobremente representadas entre plântulas. (Agradeço à Capes, pela concessão da bolsa de mestrado)

REFERÊNCIAS

(1) Arroyo - Rodríguez, V., Aguirre, A., Benítez - Malvido, J., Mandujano, S. Impact of rain forest fragmentation on the population size of a structurally important palm species: *Astrocaryum mexicanum* at Los Tuxtlas, Mexico. *Biol. Conserv.* , 138: 198 - 206, 2007.
 (2) Baider, C., Tabarelli, M., Mantovani, W. The soil seed bank during Atlantic forest regeneration in southeast Brazil.

Braz. J. Biol. , 61: 35 - 44, 2001.

(3) Benitez - Malvido, J. Impact of Forest Fragmentation on Seedling Abundance in a Tropical Rain Forest. *Conserv. Biol.* , 12: 380 - 389, 1998.
 (4) Butler, B.J., Chazdon, R.L. Species richness, spatial variation, and abundance of soil seed bank of a secondary tropical rain forest. *Biotropica.* , 30: 214 - 222, 1998.
 (5) Clarke, K.R., Gorley, R.N. PRIMER v5: User Manual/Tutorial. PRIMER - E Ltd., Plymouth. 2001.
 (6)Cordeiro, N.J., Howe, H.F. Low recruitment of trees dispersed by animals on African forest fragments. *Conserv. Biol.* , 15: 1733 - 1741, 2001.
 (7) Hartshorn, G. S. Treefalls and tropical forest dynamics. In: Tomlinson, P.B.; Zimmermann, M.H. (eds.), *Tropical Trees as Living Systems*. Cambridge University Press, New York, 1978, p.617 - 638.
 (8) Hobbs, R.J., Yates, C.J. Impacts of ecosystem fragmentation on plant populations: generalising the idiosyncratic. *Aust. J. Bot.* , 51: 471 - 488, 2003.
 (9) Laurance, W.F. Fragmentation and plant communities: synthesis and implications for landscape management. In: Bierregaard, R.O.Jr.; Gascon, C.; Lovejoy, T.E.; Mesquita, R.C.G. (eds.). *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. Yale University Press, New Haven, 2001, p.158 - 168.
 (10) Laurance, W.F., Ferreira, L.V., Rankin - De Merona, J.M., Laurance, S.G., Hutching, R.G., Lovejoy, T.E. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conserv. Biol.* , 12: 460 - 464, 1998.
 (11) Laurance, W.F., Lovejoy, L.E., Vasconcelos, H.L., Bruna, E.M., Didham, R.K., Stouffer, P.C., Gascon, C., Bierregaard, R.O.Jr., Laurance, S.G., Sampaio, E. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22 - year investigation. *Conserv. Biol.* , 16: 605 - 618, 2002.
 (12) Lawes, M.J., Lamb, C.C.B., Boudreau, S. Area - but no edge - effect on woody seedling abundance and species richness in old Afromontane forest fragments. *Journal Vegetation Science* 16: 363 - 372, 2005.
 (13) Lopes, A.V., Girão, L.C., Santos, B.A., Peres, C.A., Tabarelli, M. Long - term erosion of tree reproductive trait diversity in edge - dominated Atlantic forest fragments. *Biol. Conserv.* , 142: 1154 - 1165, 2009.
 (14) Melo, F.P.L., Dirzo, R., Tabarelli, M. Biased seed rain in forest edges: evidence from the Brazilian Atlantic forest. *Biol. Conserv.* , 132: 50 - 60. 2006.
 (15) Mendes, M.G.F. Microclima e expressão do efeito de borda em uma paisagem fragmentada na floresta Atlântica nordestina. Centro de ciências Biológicas, Recife, PE, UPPE. 2008, 64 .
 (16) Metzger, J.P. Tree functional group richness and spatial structure in a tropical fragmented landscape (SE Brazil). *Ecological Applications* , 10: 1147 - 1161. 2000.
 (17) Nepstad, D.C., Verissimo, A., Alencar, A., Nobre, C., Lima, E., Lefebre, P., Schlesinger, P., Potter, C., Moutinho, P., Mendoza, E., Cochrane, M., Brooks V. Large - scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* , 398: 505 - 508. 1999.
 (18) Oliveira, M.A., Santos, A.M.M., Tabarelli, M. 2008. Profound impoverishment of the large - tree stand in a hy-

- per - fragmented landscape of the Atlantic forest. *Forest Ecology and Management*, 1910 - 1917, 2008.
- (19) Santos, B.A., Peres, C.A., Oliveira, M.A., Grillo, A., Alves - Costa, C.P., Tabarelli, M. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic forest fragments of northeastern Brazil. *Biol. Conserv.* , 141: 249 - 260, 2008.
- (20) Silva, J.M.C., Tabarelli, M. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. *Nature*, 404:72 - 73.
- (21) Swaine, M.D., Whitmore, T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. *Vegetation*, 75: 81 - 86 , 1988.
- (22) Tabarelli, M., Lopes, A.V., Peres, C.A. Edge - effects Drive Tropical Forest Fragments Towards an Early - Successional System. *Biotropica*, 40: 657 - 661, 2008.
- (23) Tabarelli, M., Mantovani, W., Peres, C.A. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane forest of southeastern Brazil. *Biol. Conserv.* 91: 119 - 127, 1999.
- (24) Tabarelli, M., Peres, C.A. 2002. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration. *Biol. Conserv.* , 106:165 - 176.
- (25) Tabarelli, M., Silva, J.M.C., Gascon, C. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation*, 13: 1419 - 1425, 2004.
- (26) Terborgh, J., Nuñez - Iturri, G. 2006. Dispersal - free tropical forests await an unhappy fate. In: Laurance, W.F. C. A. Peres (eds.). *Emerging threats to tropical forests*. The University of Chicago Press, Chicago, pp. 241 - 252.
- (27) Vellend, M., Verheyen, K., Jacquemyn, H., Kolb, A., Van Calster, H., Peterken, G., Hermy, M. Extinction debt persists for more than a century following habitat fragmentation. *Ecology*, 87: 542 - 548, 2006.
- (28) Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3rd edn. Prentice - Hall, New Jersey.