

## FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS QUE INTERFEREM NA DINÂMICA DE FLORESTAS TROPICAIS BRASILEIRAS

### BIOTIC AND ABIOTIC FACTORS THAT INTERFERE IN THE DYNAMICS OF BRAZILIAN TROPICAL FORESTS

Kmila Gomes da Silva<sup>1</sup> - UFLA  
Nelson Venturin<sup>2</sup> - UFLA  
Warley Augusto Caldas Carvalho<sup>3</sup> - UFSJ

#### RESUMO

Diversos estudos apontam influência de fatores edafoclimáticos e processos ecológicos na estruturação de florestas tropicais. Porém, efeitos na comunidade arbórea originados por desastres ambientais em florestas, ainda são pouco conhecidos. Diante disso, este documento visa reunir informações científicas sobre aspectos relevantes dos fatores que interfere na dinâmica de florestas tropicais. As informações compiladas nesse estudo possibilitaram concluir que boa parte das florestas tropicais brasileiras são constituídas por mosaicos de fragmentos resultantes da interação de fatores bióticos e abióticos ao longo do tempo. Diversos distúrbios ecológicos vêm incrementando a heterogeneidade ambiental pré-existente, que reflete em mudanças na estrutura e dinâmica das comunidades arbóreas. Avanços nessas pesquisas e o monitoramento contínuo de comunidades florestais proporcionam divulgar a necessidade e propor estratégias de pesquisas e ensino sobre conservação em ecossistemas ameaçados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estudos de longa duração. Monitoramento de florestas. Florestas tropicais.

#### ABSTRACT

Several studies point to the influence of edaphoclimatic factors and ecological processes in the structuring of tropical forests. However, the effects on the tree community caused by environmental disasters in forests are still little known. Therefore, this document aims to gather scientific information on relevant aspects of the factors that affect the dynamics of tropical forests. The information compiled in this study made it possible to conclude that a large part of Brazilian tropical forests are made up of mosaics of fragments resulting from the interaction of biotic and abiotic factors over time. Several ecological disturbances have increased pre-existing environmental heterogeneity, which reflects changes in the structure and dynamics of tree communities. Advances in this research and the continuous monitoring of forest communities make it possible to publicize the need and propose research and teaching strategies on conservation in threatened ecosystems.

**KEYWORDS:** Long-term studies. Forest monitoring. Tropical forests.

<sup>1</sup>Doutora em Ciências Florestais pela Universidade Federal de Lavras. Bacharel e Licenciada em biologia pela Faculdade de Filosofia e Ciências de Alegre/ES. E-mail: [knilagmes@gmail.com](mailto:knilagmes@gmail.com) / ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2437-7403>.

<sup>2</sup>Doutor em Ciência do Solo pela Universidade de São Paulo. Bacharel em Recursos Florestais e Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná, bolsista de produtividade no Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras. E-mail: [venturin@dcf.ufla.br](mailto:venturin@dcf.ufla.br) / ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8397-8984>.

<sup>3</sup>Doutor em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Minas Gerais. Bacharel em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras. Docente na Universidade Federal de São João Del Rei. Email: [warleycaldas@ufsj.edu](mailto:warleycaldas@ufsj.edu) / ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1524-1531>.

## INTRODUÇÃO

A utilização indiscriminada dos recursos naturais aliada à expansão agrícola tem acarretado crescente degradação e fragmentação dos habitats florestais. O histórico de perturbação nas florestas estacionais do Estado de Minas Gerais, por exemplo, resultou em fragmentos isolados e perturbados após ocorrência de incêndios e ações de desmatamento para exploração da agropecuária e retirada de madeira (Oliveira-Filho *et al.*, 1994). Assim, mudanças na composição de espécies e estrutura de comunidades florestais são aparentes e necessitam de monitoramento em longo prazo para fornecer embasamento teórico e prático para projetos de recuperação e práticas conservacionistas.

No entanto, ainda são escassos na literatura estudos que acompanham as mudanças na estrutura de comunidades florestais semidecíduas atingidas por incêndio (Carvalho; Van Der Berg; Fernandes, 2012; Peixoto *et al.*, 2012). O fogo é um dos distúrbios naturais mais comuns, e tem reconhecimento nos sistemas ecológicos. Esse distúrbio afeta quase todos os biomas terrestre do mundo. Neste sentido, se torna importante entender possíveis efeitos nas comunidades (Frizzo *et al.*, 2011).

Para Lehmann *et al.* (2008), a dinâmica da comunidade é impulsionada pela variação do fogo (frequência e intensidade), influenciado por mudanças ao longo do tempo. A partir disso, mosaicos de habitats em diferentes estágios sucessionais são recorrentes. Lehmann *et al.* (2008) e Melo e Durigan (2010) descreveram perdas na biomassa e redução na riqueza de espécies relacionadas à intensidade e frequência deste distúrbio. Estes efeitos são consequências das aberturas no dossel que modificam as condições naturais da floresta, promovendo mudanças na distribuição espacial dos indivíduos arbóreos e alterações na diversidade e riqueza de espécies florestais.

Neste contexto, a diversidade de espécies vem sendo associada à heterogeneidade de paisagens. No entanto, são apenas evidências, a dificuldade de incorporar complexidades biológicas dificulta a obtenção de respostas mais concretas (Fox, 2013). Diante disso, entender a reconstrução de um ecossistema perturbado, é complexo. Este entendimento envolve diversas variáveis influenciando na estruturação e distribuição das espécies ao longo do espaço e tempo. Este artigo, teve como objetivo revisar e descrever principais aspectos relacionados aos monitoramentos de comunidades florestais para entender mudanças na estrutura que ocorrem ao longo do tempo, e compreender os processos ecológicos e os fatores externos relacionados à mortalidade, recrutamento e crescimento de indivíduos. O artigo é baseado em pesquisa bibliográfica e documental, elaborada a partir de estudos sobre a dinâmica de florestas, afim de reunir contribuições relevantes sobre o tema, avanço nas pesquisas e lacunas existentes.

## PESQUISAS ECOLÓGICAS DE LONGA DURAÇÃO NO BRASIL

Ainda não existe uma definição objetiva de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELDs), mas entre os ecólogos o significado de 'longa duração' está vinculado aos estudos e análises de dados de sítios escolhidos para investigação de fenômenos e processos ao longo do tempo (Barbosa, 2013). Esses estudos englobam diferentes abordagens e métodos com o intuito de apresentar conhecimento científico sobre os ecossistemas neotropicais, seu funcionamento, dinâmica temporal e espacial (Túndisi, 2013). Nessas pesquisas, o monitoramento em intervalos de tempo tem como finalidade caracterizar padrões, processos e funções em comunidade biológica (Magurran *et al.*, 2010).

A criação dos programas das PELDs ocorreu num período em que a perda de biodiversidade nas florestas tropicais estava em uma situação alarmante (Barbosa, 2013). A implantação desses programas possibilitou o acompanhamento e a distinção de processos naturais em detrimento à ação antrópica produzindo mudanças temporais nos remanescentes tropicais (Korning; Balslev, 1994). Além dessa visão voltada para a ecologia florestal, as investigações em longo prazo alertam para os problemas da humanidade relacionados às dificuldades na gestão de recursos naturais, numa sociedade em expansão, a extinção em massa e as adaptações às mudanças climáticas (Lindenmayer *et al.*, 2012).

Os processos de elaboração e estruturação dos programas de longa duração no Brasil tiveram início em reuniões internacionais no ano de 1993 para formar a Rede Internacional de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração 11 (ILTER). A principal missão dessa rede foi facilitar a cooperação internacional entre cientistas envolvidos nas pesquisas de longo prazo (Gosz, 1998).

No ano de 1998, durante o processo de estruturação e criação, o país se tornou membro da rede ILTER. Os temas propostos para constituir a agenda de pesquisa dos programas foram: padrões e controle da produtividade primária, dinâmica (fluxos) de nutrientes, conservação da diversidade biológica, dinâmica de populações e organização de comunidades e ecossistemas. Após consultas ao comitê formado por representantes da comunidade científica, foi compilada uma lista de 27 sítios de pesquisa, candidatos para compor as PELDs (Barbosa, 2013). Desses, nove foram escolhidos para iniciar o programa no país. Dentre esses estavam: um na Amazônia, um no Pantanal Mato-Grossense (com duas áreas-foco), um no Cerrado do Brasil Central, dois no Sudeste (Mata Atlântica e Restinga) e três na região Sul (Floresta Ombrófila Mista, Planície de inundação do Alto Rio Paraná e Região de Banhado) (Barbosa, 2013).

A partir de iniciativas que visam subsidiar programas e políticas para conservação e recuperação dos fragmentos florestais, pesquisas voltadas ao monitoramento de florestas estacionais foram implantadas no Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras (DCF-UFLA). Essas pesquisas têm sido desenvolvidas desde a década de 80, principalmente na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. Apesar de não pertence ao grupo das PELD's, os estudos desenvolvidos no DCF-UFLA apresentam objetivos similares das pesquisas dessa natureza (Oliveira-Filho *et al.*, 1994).

Na década de 90, os estudos foram direcionados aos fragmentos de florestas estacionais, sendo realizados levantamentos da heterogeneidade ambiental em paralelo aos estudos de estrutura e dinâmica. Esses, por sua vez, fizeram parte do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO); supervisionado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e gerido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). As pesquisas foram conduzidas em parceria com a EMBRAPA Recursos Genéticos, e Universidade Federal de Brasília (UnB) (Oliveira-Filho; Mello; Scolforo, 1997; Appolinário; Oliveira-Filho; Guilherme, 2004). Apesar do encerramento do subprojeto PROBIO, em 2002, os estudos nessas regiões foram mantidos e, além disso, se estenderam para outras formações fisionômicas.

## PADRÕES DAS ALTERAÇÕES TEMPORAIS EM COMUNIDADES ARBÓREAS

As mudanças temporais em comunidades arbóreas podem ser atribuídas a fatores naturais ou antropogênicos, no entanto a perda de habitat dificulta distinguir a origem dessas alterações (Magurran *et al.*, 2010). A partir de estudos de longa duração é possível investigar os agentes motores das mudanças na comunidade (Korning; Balslev, 1994).

A velocidade nas alterações de florestas tropicais, de modo geral, está atrelada à fatores abióticos, como por exemplo, condição de luminosidade, fatores edáficos, relevo, precipitação, temperatura e mudanças climáticas (Slik, 2004; Lima, 2005; Machado; Oliveira-Filho, 2010; Carvalho; Van Der Berg; Fernandes, 2012) e fatores bióticos envolvem processos ecológicos como a competição, dispersão e polinização (Balandier *et al.*, 2006).

Em comunidades arbóreas com pouco perturbação, as quedas de grandes árvores são as principais responsáveis por formações de clareiras naturais e consequentemente perdas imediatas na biomassa e densidade dos indivíduos (Sheil; Jennings; Savill, 2000). Em curto prazo, as mudanças ocasionadas por clareiras além de influenciar, controlam a organização, crescimento e reprodução das espécies (Lima, 2005). As florestas tropicais também são influenciadas por fatores meteorológicos, como por exemplo o vento, umidade, temperatura e luminosidade, que diferem entre interior e borda do fragmento florestal (Laurance; Curran, 2008). De fato, nas bordas da floresta a exposição às condições externas é maior que no interior, e proporciona formação de microclima favorável às alterações da dinâmica na comunidade florestal (Oliveira-Filho *et al.*, 2007).

Com relação aos fatores edáficos, alterações na fertilidade do solo têm contribuído para explicar os padrões das classes de solo. Para estudar esses fatos, Phillips *et al.* (2004) e Salami *et al.* (2014) realizaram estudos em florestas na bacia do Rio Amazonas e na Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina, respectivamente. Esses autores concluíram que em locais com maior fertilidade do solo houve maior taxa de rotatividade. Por outro lado, Higuchi *et al.* (2008) em Floresta Estacional Semidecidual do Sul de Minas Gerais, não encontraram relações entre classes de solos e variações das taxas de dinâmica.

As modificações nos aspectos topográficos também determinam variação na disponibilidade de água e nutrientes do solo (Rodrigues *et al.*, 2007), isso em razão da lixiviação de nutrientes em direção as regiões de menor altitude. Essa condição influencia na estruturação espacial das espécies, proporcionando redução do porte das árvores em locais próximos às encostas, de onde parte dos nutrientes foi lixiviada (Carvalho *et al.*, 2005). Assim, em regiões declivosas, com encostas íngremes, o processo dinâmico de comunidades arbóreas é lento e ocorre a redução nas taxas de crescimento e recrutamento (Garcia *et al.*, 2015).

Também alteram a dinâmica florestal alguns fatores naturais como inundações e deslizamentos de terra (Appolinario; Oliveira-Filho; Guilherme *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2011), e os distúrbios antrópicos como corte seletivo de madeira, presença de gado e agricultura (Oliveira-Filho *et al.*, 2007; Higuchi *et al.*, 2008), ocorrência de incêndios (Carvalho; Van Der Berg; Fernandes, 2012; Peixoto *et al.*, 2012) e represamento de água (Vale *et al.*, 2013).

Assim, os padrões nas alterações em comunidades arbóreas são determinados por heterogeneidade ambiental pré-existente atrelada ao mosaico sucessional da floresta, que por sua vez é incrementada por pressões promovidas por fragmentação florestal (efeito de borda) e distúrbios ecológicos (Oliveira-Filho; Melo; Scolforo, 1997; Paiva; Araújo; Pedroni, 2007).

As variações nas taxas de dinâmica também podem estar associadas ao atributo ambiental avaliado e ao regime de perturbação (frequência, intensidade e duração do distúrbio) (Chazdon *et al.*, 2007). No caso de distúrbios frequentes, a comunidade pode apresentar um padrão de constante desequilíbrio entre as taxas de mortalidade, recrutamento, perda e ganho de biomassa (Appolinario; Oliveira-Filho; Guilherme, 2004; Oliveira-Filho *et al.*, 2007), e consequentemente apresentar alterações permanentes na estrutura da comunidade florestal (Cochrane; Schulze, 1999). Quando as perturbações se estendem por longos períodos, o processo de degradação continuado proporciona redução na riqueza de espécies florestais (Tabarelli; Da Silva; Gascon, 2004).

As florestas estacionais também são influenciadas por duas estações climáticas bem definidas, sendo uma chuvosa e outra biologicamente seca. Assim, o gradiente florístico das florestas perenifólias para semidecíduais e decíduais está associado ao regime de precipitação sazonal, a redução na retenção hídrica no solo, variações na fertilidade, além do gradiente de temperatura (Oliveira-Filho; Jarenkow; Rodal, 2006). Sendo assim, a sazonalidade climática influencia na deciduidade das espécies desse ecossistema ocasionando mudanças no dossel e consequente luminosidade (Souza; Gandolfi; Rodrigues, 2014), essa condição repercutirá na mortalidade, recrutamento e crescimento dos indivíduos (Slik, 2004).

## FOGO: MODELADOR DE HABITATS

Na concepção de Bowman *et al.* (2009), a ocorrência de incêndios em toda a história do planeta Terra comprova que o fogo exerceu pressão evolutiva sobre a biota. No entanto, as adaptações evolutivas com relação ao fogo necessitam de maiores estudos.

Evidências da ação seletiva do fogo foram relatadas na evolução das plantas, origem e montagem no domínio Savana (cerrado) (Simon *et al.*, 2009), e na propagação e diversificação de angiospermas, que apresentaram capacidade de desenvolvimento em ambientes frequentemente perturbados pelo fogo (Bond; Scott, 2010). Nesse caso, espécies de savana e floresta apresentam resiliência distinta ao fogo, devido às diferenças nas taxas de crescimento, espessura da casca, tolerância à sombra e densidade de copa. Especificamente, espécies florestais de casca fina apresentam menor resiliência ao fogo (Hoffmann *et al.*, 2012).

Em relação a esses biomas, incêndios de causa natural são mais comuns nas regiões do domínio do Cerrado (Savana) em relação às florestas tropicais. Tal fato pode ser justificado pela ocorrência sazonal do clima e alta incidência de descargas elétricas (raios) nas regiões de cerrado (Archibald *et al.*, 2009). Por outro lado, nas áreas de ocorrência das florestas tropicais os incêndios geralmente estão associados à exploração desordenada do solo e/ou de origem criminal. Nessas áreas, a utilização do fogo para manejo de áreas agrícolas, como por exemplo, eliminar restos culturais, remover a vegetação natural para a formação de pastagens, podem proporcionar a ocorrência de incêndios não planejados, e refletir o regime do fogo (Bowman *et al.*, 2011).

Nesse caso, os danos provocados por queimadas de origem antrópica geralmente podem ser de maiores dimensões, severidade e frequência. Logo, após um incêndio é possível registrar elevadas taxas de mortalidade de indivíduos em ecossistemas florestais (Sheil; Burslem, 2003), seguida da eliminação de espécies menos resistentes e simplificação da composição de espécies (Medeiros; Miranda, 2005). Nas florestas tropicais a mortalidade de indivíduos de espécies comuns é maior se comparada às espécies raras, mas essas estão mais sujeitas a extinção local, dado a viabilidade e disponibilidade de sementes no solo que é baixa em áreas atingidas por fogo (Cochrane, 2003). Por outro lado, a abertura de clareiras originadas após o incêndio favorece o aumento na riqueza a partir do recrutamento de espécies pioneiras e secundárias (Lima, 2005). Mas essa condição pode ser temporária, uma vez que as espécies recrutadas possuem menor abundância e estão sujeitas a mortalidade e consequente eliminação na floresta (Aquino; Walter; Ribeiro, 2007; Mews *et al.*, 2011).

Em curto prazo, o impacto do fogo incide nos menores indivíduos arbóreos (Carvalho; Van Deng Berg; Fernandes, 2012; Peixoto *et al.*, 2012). No entanto, existem registros da mortalidade de indivíduos maiores, após o incêndio que resultaram em significativo declínio na biomassa acima do solo (Slik *et al.*, 2008). Barlow *et al.* (2003), propõem mecanismos que podem

explicar a elevada mortalidade de indivíduos maiores após incêndios como, baixa resistência a patógenos e estresse hídrico causado por períodos de seca. Porém, a causa da morte em indivíduos arbóreos é uma tarefa difícil, pois essa assume inúmeras causas (Dickinson; Ryan, 2010), entre fatores do clima, ação de patógenos e efeitos do fogo (Michaletz; Johnson, 2008). Para preencher essa lacuna estudos fisiológicos foram realizados para testar a hipótese que efeitos do fogo associado ao estresse hídrico determinam a morte de indivíduos maiores (Van Mantgem *et al.*, 2013; Brando *et al.*, 2014).

Em condições de seca os danos provocados no xilema (cavitação) após incêndio podem ser agravados por estresse hídrico, pois os mecanismos de reparo podem ser comprometidos e/ou fornecimento de água, que é escasso, não compensar as perdas de água pelas folhas (Van Mantgem *et al.*, 2013). Estudos realizados por Brando *et al.* (2014) no sudeste da Amazônia confirmam o aumento na mortalidade de árvores após incêndio seguido de um período de seca. Os referidos autores compararam a dinâmica em diferentes fitofisionomias da Floresta Amazônica e verificaram que a mortalidade de indivíduos na floresta úmida superou a mortalidade da floresta de transição (Amazônica-Cerrado).

Além dos danos provocados na biomassa acima do solo, os efeitos do fogo no solo promovem mudanças direta ou indiretamente nas condições física, química e biológica e o grau de modificações está associado ao tipo de solo, cobertura vegetal, duração, intensidade e frequência do incêndio (Redin *et al.*, 2011). A princípio ocorre à disposição imediata de minerais contidos no material orgânico e dispersão desses na superfície do solo (Pivello *et al.*, 2010).

Em decorrência disso, espécies arbóreas tende a reduzir em detrimento das herbáceas (Medeiros; Miranda, 2005), uma vez que essas espécies possuem raízes superficiais que favorece absorção mais efetiva dos nutrientes, sendo beneficiadas no processo de retroalimentação positiva (Hoffmann; Orthen; Franco, 2004). No entanto, com a ausência de cobertura vegetal esses nutrientes são volatilizados, partículas são suspensas e carregadas pela enxurrada, e o solo antes rico em minerais perde fertilidade (Pivello *et al.*, 2010). Essas mudanças nas propriedades do solo podem se manifestar a médio e longo prazo com o aumento na frequência de incêndios, e isso repercutirá em alterações na composição e estrutura da vegetação (Gurevitch; Scheiner; Fox, 2009).

De modo geral, os incêndios florestais juntamente com os efeitos das mudanças climáticas alteram a estrutura, riqueza e composição de espécies arbóreas, e conseqüentemente afeta toda comunidade biológica local (Silveira *et al.*, 2016). Considerando as comunidades naturais como sistema aberto sujeito à ação de fatores internos e externos, entender a reconstrução de um ecossistema perturbado é algo complexo. A trajetória sucessional e dinâmica florestal são influenciadas por fatores estocásticos e o resultado disso é a formação de mosaicos sucessionais em diferentes composições florísticas e estruturais (Bracalion; Gandolfi; Rodrigues, 2015).

## ABUNDÂNCIA, RIQUEZA E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES EM FLORESTAS TROPICAIS

Os padrões de diversidade, abundância e distribuição das populações em florestas tropicais persiste como um dos tópicos desafiadores da ecologia. Outra questão é compreender os mecanismos que permitem a co-ocorrência de diferentes espécies em determinado local ou região (Weiher *et al.*, 2011). Entende-se que a coexistência de espécies em ecossistema é determina tanto por condições ambientais e disponibilidade de recursos (Giacomini, 2007), além da evolução dos atributos morfológicos, fisiológicos e comportamentais que contribuíram para

sobrevivência em determinadas situações. Assim, gradientes ecológicos configuram cenários adequados para analisar a interação e as respostas de diferentes espécies as mudanças dos fatores abióticos (Gurevitch; Scheiner; Fox, 2009).

As espécies atingem o pico de abundância local em condições ambientais favoráveis para estabelecimento, crescimento e reprodução. Mas a variação dos fatores ambientais promove a redução na abundância destas espécies, sendo substituídas por outras mais adaptadas à nova condição ambiental (Ter Steege *et al.*, 2013). A distribuição das espécies e sua abrangência no espaço está associada ao habitat adequado (Ricklefs, 2010) e a filtragem ambiental exercer o papel de selecionar as espécies mais competitivas em determinado espectro da condição ambiental (Mudrak *et al.*, 2015). No entanto, a limitação na dispersão pode substituir a filtragem ambiental em escalas espaciais e temporais (Belo *et al.*, 2013).

Para entender o padrão de distribuição das populações arbóreas, métodos de análise espacial são aplicados aos dados de variáveis ecológicas. Os modelos incorporam a estrutura de continuidade espacial que por meio de interpoladores estimam valores em pontos não amostrados, e a partir disso é obtido a distribuição espacial das variáveis de interesse (Oda-Sousa *et al.*, 2010). Neste contexto, a autocorrelação espacial vem sendo difundida nos estudos ecológicos a partir da teoria da distância entre as amostras, considerando indivíduos vizinhos mais semelhantes que os distantes (Dorman, 2007).

A existência da autocorrelação espacial de certo atributo ambiental implica na ocorrência de padrões na abundância das espécies, dado que as espécies respondem as variações no ambiente. Assim, é esperado que tanto as variáveis ambientais como a distribuição das espécies sejam espacialmente estruturadas (Miller; Franklin; Aspinall, 2007). Diante disso, entende-se que a autocorrelação espacial consiste na ausência da aleatoriedade quanto à distribuição de uma variável (Legendre, 1993). Sendo assim, a distribuição aleatória está associada à teoria neutra de Hubbell (2001) que confere intervenções da dispersão e fatores estocásticos na distribuição das espécies (Alonso; Etienne; Mckane, 2006). A proposta de Hubbell (2001) traz à tona o questionamento sobre a influência do nicho ecológico na organização e estrutura das comunidades ou se isso está atrelado aos fatores estocásticos e a dispersão (Casemiro; Padial, 2008).

Na literatura as variáveis ambientais mais associadas com a distribuição de espécies são as características física e química do solo, umidade e topografia (Oliveira-Filho *et al.*, 1994; Botrel *et al.*, 2002; Espírito Santo *et al.*, 2002; Souza *et al.*, 2003) e o regime de perturbações está ligado a descontinuidade espacial das florestas. Nesses casos, o regime de distúrbio causa a quebra da estrutura de autocorrelação espacial das variáveis ecológicas (Amaral *et al.*, 2013). Assim, como os distúrbios ocorrem de forma não linear no espaço e tempo, uma diversidade de espécies pode ser mantida na comunidade por meio da formação de mosaicos sucessionais com a colonização de diferentes espécies em diferentes estágios sucessionais (Giacomini, 2007).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em florestas tropicais as flutuações temporais como os distúrbios ecológicos incrementam a heterogeneidade ambiental já existente e determinam mudanças na estrutura e dinâmica de comunidades vegetais.

Apesar das limitações operacionais e financeiras em manter monitoramento em diversas regiões, outras pesquisas precisam ser desenvolvidas para caracterizar e compreender as diversas respostas de populações arbóreas frente aos efeitos dos incêndios e demais fatores de degradação

das florestas. Avanços nessas pesquisas e o monitoramento contínuo de comunidades florestais proporcionam divulgar a necessidade e propor estratégias de conservação em ecossistemas ameaçados.

## REFERÊNCIAS

- ALONSO, D.; ETIENNE, R. S.; MCKANE, A. J. The merits of neutral theory. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 21, n.8, p. 451-457, ago. 2006.
- AMARAL, L. P. *et al.* Influência da floresta alterada na distribuição espacial de três espécies da Floresta Ombrófila Mista avaliada pela geoestatística. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 491-501, mai/jun. 2013.
- APPOLINARIO, V.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; GUILHERME, F. A. G. Tree population and community dynamics in a Brazilian tropical semideciduous forest. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, p. 347- 360, 2005.
- AQUINO, F. G.; WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Dinâmica de populações de espécies lenhosas de Cerrado, Balsas, Maranhão. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 793-803, set-out. 2007.
- ARCHIBALD, S. *et al.* What limits fire? An examination of drivers of burnt area in Southern Africa. **Global Change Biology**, Oxford, v. 15, n. 3, p. 613-630, mar. 2009.
- BALANDIER, P. *et al.* Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighbouring vegetation. **Forestry**, Oxford, v. 79, n. 1, p. 3-27, Jan. 2006.
- BARBOSA, F. A. R. Uma breve história do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD-CNPq) do Brasil: da semente ao fruto. In: Tabarelli, M. *et al.* (Org.). **PELD-CNPq Dez Anos do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração no Brasil: achados, lições e perspectivas**. 1 ed. Recife: Editora Universitária UFPE, v. 1, p. 15-29. 2013.
- BARLOW, J. *et al.* Large tree mortality and the decline of forest biomass following Amazonian wildfires. **Ecology Letters**, Oxford, v. 6, p. 6-8, 2003.
- BELLO, F. *et al.* Evidence for scale- and disturbance-dependent trait assembly patterns in dry semi-natural grasslands. **Journal of Ecology**. Oxford, v. 101, p. 1237-1244, 2013.
- BOND, W. J.; SCOTT, A. C. Fire and the spread of flowering plants in the Cretaceous. **New Phytologist**, Cambridge, v. 188, n. 4, p. 1137-1150, dec. 2010.
- BOTREL, R. T. *et al.* Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 195-213, 2002.



BOWMAN, D. M. J. S. *et al.* Fire in the Earth System. **Science**, Washington, v.324, n. 24, p.481-484, apr. 2009.

BOWMAN, D. M. J. S. *et al.* The human dimension of fire regimes on Earth. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 38, n. 12, p. 2223-2236, dec. 2011.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de Textos. v. 1. 2015. 432p.

BRANDO, P. M. *et al.* Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought–fire interactions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 111, n. 17, p. 6347-6352, 2014.

CARVALHO, D. A. *et al.* Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto-montana às margens do Rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 91-109, 2005.

CARVALHO, L. C. S.; VAN DENG BERG, E.; FERNANDES, F. A. B. Análise da variação temporal da estrutura de uma floresta altimontana com histórico de fogo. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 223-230, abril/ jun. 2012.

CASSEMIRO, F. A. S.; PADIAL, A. A. Teoria neutra da biodiversidade e biogeografia: aspectos teóricos, impactos na literatura e perspectiva. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 706-719, 2008.

CHAZDON, R. L. *et al.* Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. **Philosophical Transactions of the Royal society B-Biological sciences**, London, v. 362, n. 28, p. 273-289, feb. 2007.

COCHRANE, M. A. Fire science for rainforests. **Nature**, London, v. 421, p. 913-919, feb. 2003.

COCHRANE, M. A.; SCHULZE, M. D. Fire as a recurrent event in tropical forests of the eastern Amazon: Effects on forest structure, biomass, and species composition. **Biotropica**, Washington, v. 31, n. 1, p. 2-16, mar. 1999.

DICKINSON, M. B.; RYAN, K. C. Introduction: strengthening the foundation of wildland fire effects prediction for research and management. **Fire Ecology**, Seattle, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2010.

DORMANN, C. F. Effects of incorporating spatial autocorrelation into the analysis of species distribution data. **Global Ecology and biogeography**, Oxford, v. 16, n. 2, p. 129-138, 2007.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B. *et al.* Environmental variables and the distribution of tree species within a remnant of semi-deciduous tropical forest in Lavras, southeastern Brazil. **Acta Botanica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 16, p. 331-356, 2002.

FOX, J. W. The intermediate disturbance hypothesis should be abandoned. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 2, p. 86-92, 2013.

FRIZZO, T. L. M. *et al.* Revisão dos efeitos do fogo sobre a fauna de formações savânicas do Brasil. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 2, p. 365-379, 2011.

GARCIA, P. O. *et al.* Florestas ciliares apresentam dinâmica uniforme? In: DAVIDE, A. C.; Botelho, S. A. (Org.). **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares**. 1ed. Lavras: Editora UFLA, 2015, p. 33-72.

GIACOMINI, H. C. Os mecanismos de coexistência de espécies como vistos pela teoria ecológica. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 521-543, 2007.

GOSZ, J. R. **Long-term research on a global scale**. In: US LTER Network, University of New Mexico, pp. 3-6, 1998.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia Vegetal**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 592 p.

HIGUCHI, P. *et al.* Dinâmica da comunidade arbórea em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais, em diferentes classes de solos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 417, 2008.

HOFFMANN, W. A. *et al.* Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. **Ecology Letters**, Oxford, v. 15, n. 7, p. 759-768, Jul. 2012.

HOFFMANN, W. A.; ORTHEN, B.; FRANCO, A. C. Constraints to seedling success of savanna and forest trees across the savanna-forest boundary. **Oecologia**, Berlim, v. 140, p. 252-260, Jul. 2004.

HUBBELL, S. P. **The unified neutral theory of biodiversity and biogeography**. New Jersey: Princeton University Press, 2001. 396p.

KORNING, J.; BALSLEV, H. Growth and mortality of trees in Amazonian tropical rain forest in Ecuador. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 4, p. 77-86, 1994.

LAURANCE, W. F.; CURRAN, T. J. Impacts of wind disturbance on fragmented tropical forests: A review and synthesis. **Austral Ecology**, Carlton, v. 33, n. 4, p. 399-408, jun. 2008.

LEGENDRE, P. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? **Ecology**, Washington, v. 74, p. 1659-1673, 1993.

LEHMANN, C. E. R. *et al.* Spatio-temporal trends in tree cover of a tropical mesic savanna are driven by landscape disturbance. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 45, p. 1304-1311, 2008.

LIMA, R. A. F. Estrutura e regeneração de clareiras em florestas pluviais tropicais. **Revista brasileira Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 651-670, out.-dez. 2005.

LINDENMAYER, D. B. *et al.* Value of long-term ecological studies. **Austral Ecology**, Adelaide, v. 37, n. 3, p. 1-13, 2012.

MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Spatial patterns of tree community dynamics are detectable in a small (4 ha) and disturbed fragment of the Brazilian Atlantic forest. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 24, n. 1, p. 250-261, 2010.

MAGURRAN, A. E. *et al.* Long-term datasets in biodiversity research and monitoring: assessing change in ecological communities through time. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 25, n. 10, p. 574-582, out. 2010.

MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 19, n. 3, p. 493-500, 2005.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Impacto do fogo e dinâmica da regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual (Gália, SP, Brasil). **Revista Brasileira Botânica**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 37-50, 2010.

MEWS, H. A. *et al.* Dinâmica da comunidade lenhosa de um Cerrado Típico na região Nordeste do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, Washington, v. 11, p. 73-82, 2011.

MICHALETZ, S.; JOHNSON, E. A biophysical process model of tree mortality in surface fires. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 38, p. 2013-2029, 2008.

MILLER, J.; FRANKLIN, J.; ASPINALL, R. Incorporating spatial dependence in predictive vegetation models. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 202, p. 225-242, fev. 2007.

MUDRÁK, O. *et al.* Fine-scale coexistence patterns along a productivity gradient in wet meadows: shifts from trait convergence to divergence. **Ecography**, Copenhagen, v. 39, n. 3, p.338-348, marc. 2015.

ODA-SOUZA, M. *et al.* Comparação das estruturas de continuidade espacial em quatro formações florestais no Estado de São Paulo. **Floresta**, Paraná, v. 40, p. 515-522, 2010.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; JARENKOW, J. A.; RODAL, M. J. N. **Floristic relationships of seasonally dry forests on eastern south America based on tree distribution patterns**. In: PENNINGTON, R.T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. (eds). Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation. Edinburg: CRS Press. p. 159-192, 2006.

OLIVEIRA-FILHO, A.T. *et al.* Comparison of the woody flora and soils of six areas of montane semideciduous forest in southern Minas Gerais, Brazil. **Journal of Botany**, Edinburgh. v. 51, n. 3, p. 355-389, 1994.

OLIVEIRA-FILHO, A.T. *et al.* Dinâmica da comunidade e populações arbóreas da borda e interior de um remanescente florestal na Serra da Mantiqueira, Minas Gerais, em um intervalo

de cinco anos (1999-2004). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 149-161, jan.-mar. 2007.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MELLO, J. M., SCOLFORO, J.R.S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period: 1987-1992. **Plant Ecology**, Heidelberg, v. 131, n. 1, p. 45-66, jul. 1997.

PAIVA, L. V.; ARAÚJO, G. M.; PEDRONI, F. Structure and dynamics of a woody plant community of a tropical semi-deciduous seasonal forest in the "Estação Ecológica do Panga", municipality of Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 365-373, jul/set. 2007.

PEIXOTO, K. S. *et al.* Dinâmica da comunidade arbórea em uma floresta estacional semidecidual sob queimadas recorrentes. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 26, n. 3, p. 697-708, 2012.

PHILLIPS, O. L. *et al.* Pattern and process in Amazon tree turnover, 1976-2001. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences**, London, v. 359, n. 1443, p. 381-407, 2004.

PIVELLO, V. R. *et al.* Effect of fires on soil nutrient availability in an open savanna in Central Brazil. **Plant and Soil**. The Hague, v. 337, p. 111-123, 2010.

REDIN, M. *et al.* Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, p. 381-392, abr-jun. 2011.

RICKLEF, R. E. **A economia da natureza**. Tradução: Pedro P. de Lima-e-Silva e Patrícia Mousinho. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 572 p.

RODRIGUES, L. A. *et al.* de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n.1, p. 25-35, 2007.

SALAMI, B. *et al.* Influência de variáveis ambientais na dinâmica do componente arbóreo em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lages, SC. **Scientia Forestalis**, São Paulo, v. 42, p. 197-207, 2014.

SHEIL, D.; BURSLEM, D.F.R.P. Disturbing hypotheses in tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v.18, n. 1, p. 18-26, jan. 2003.

SHEIL, D.; JENNINGS, S.; SAVILL, P. Long-term permanent plot observations of vegetation dynamics in Budongo, a Uganda rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 16, n. 6, p. 765-800, 2000.

SILVA, A. C. *et al.* Dinâmica de uma comunidade arbórea após enchente em fragmentos florestais no sul de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 883-893, 2011.

SILVEIRA, J. M. *et al.* A Multi-Taxa Assessment of Biodiversity Change After Single and Recurrent Wildfires in a Brazilian Amazon Forest. **Biotropica**, Washington, v. 48, n. 2, p. 170-180, 2016.

SIMON, M. F. *et al.* Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v.106, n. 48, p. 20359-20364, dec. 2009.

SLIK, J. W. F. El Niño droughts and their effects on tree species composition and diversity in tropical rain forests. **Oecologia**, Berlin, v. 141, n. 1, p. 114-120, jul. 2004.

SLIK, J. W. F. *et al.* Tree diversity, composition, forest structure and aboveground biomass dynamics after single and repeated fire in a Bornean rain forest. **Oecologia**, Berlin, v. 158, p. 579-588, 2008.

SOUZA, F. M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Deciduousness influences the understory community in a Semideciduous Tropical Forest. **Biotropica**, Kansas, v. 46, n. 5, p. 512-515, 2014.

SOUZA, J. S. *et al.* Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 185-206, 2003.

TABARELLI, M.; DA SILVA, J. M. C.; GASCON, C. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 13, n. 7, p. 1419-1425, jun. 2004.

TER STEEGE, H. *et al.* Hyperdominance in the Amazonian tree flora. **Science**, Washington, v. 342, n. 6156, p. 1-9, oct. 2013.

TÚNDISI, J. G. Pesquisas Ecológicas de Longa Duração: uma Abordagem Essencial ao Estudo de Ecossistemas e seus Processos. In: TABARELLI, M. *et al.* **PELD-CNPq: Dez anos do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração no Brasil: Achados, lições e perspectivas**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2013. p. 29-36.

VALE, V. S. *et al.* Fast changes on seasonal forests community due to the soil moisture increase after damming: a dynamic study. **Revista de Biologia Tropical**, Costa Rica, v. 61, p. 1901-1917, dez. 2013.

VAN MANTGEM, P. J. *et al.* Climatic stress increases forest fire severity across the western United States. **Ecology Letters**, Oxford, v. 16, p. 1151-1156, 2013.

WEIHER, E. *et al.* Advances, challenges, and a developing synthesis of ecological community assembly theory. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, London, v. 366, n. 1576, p. 2403-2413, 2011.

**Submetido em:** dezembro de 2023.

**Aprovado em:** janeiro de 2024.