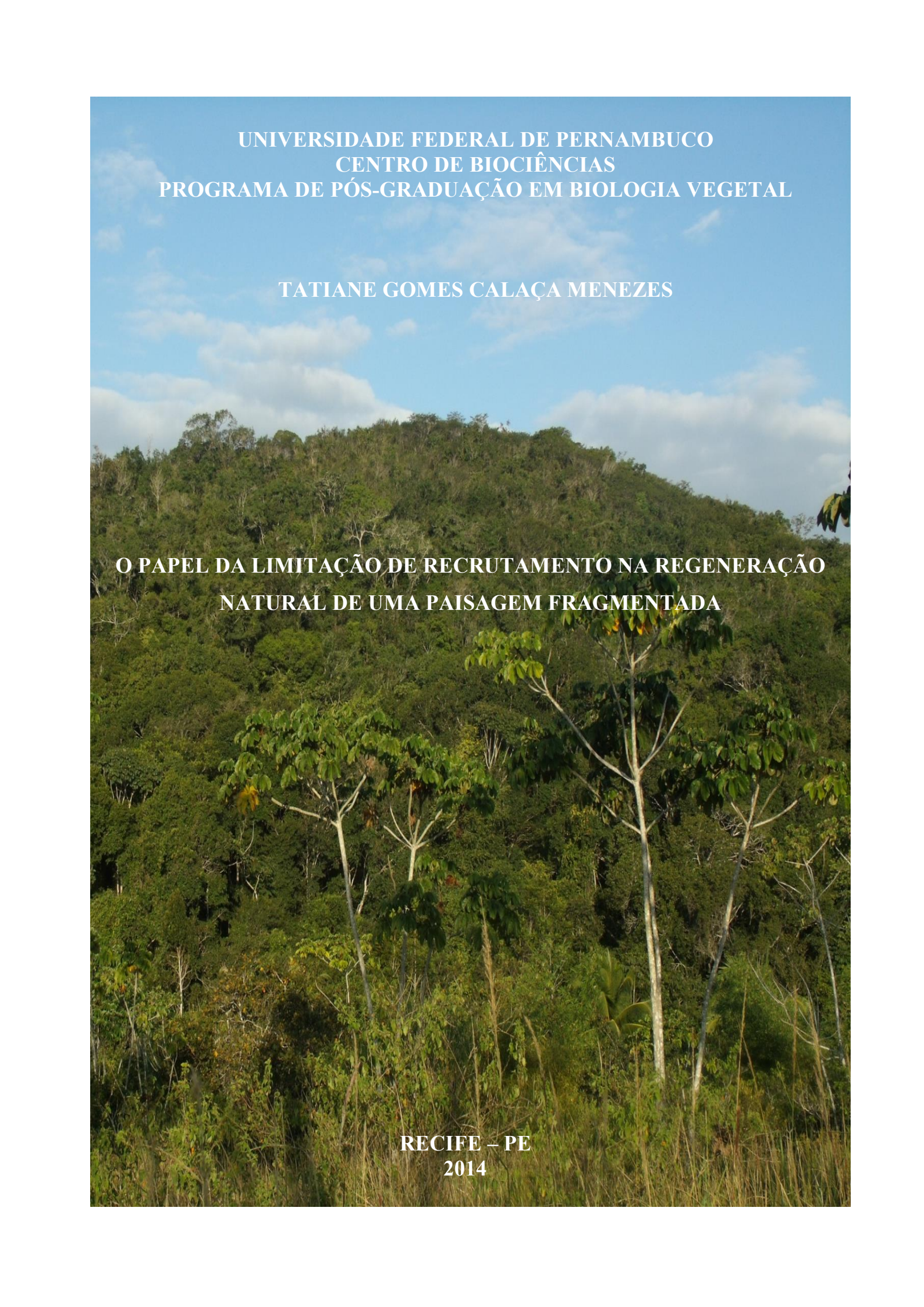




UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

TATIANE GOMES CALAÇA MENEZES

O PAPEL DA LIMITAÇÃO DE RECRUTAMENTO NA REGENERAÇÃO
NATURAL DE UMA PAISAGEM FRAGMENTADA

RECIFE – PE
2014

TATIANE GOMES CALAÇA MENEZES

**O PAPEL DA LIMITAÇÃO DE RECRUTAMENTO NA REGENERAÇÃO
NATURAL DE UMA PAISAGEM FRAGMENTADA**

Dissertação a ser apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal, da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de **Mestre em Biologia Vegetal**, na área de Ecologia de Comunidades.

Orientador: Dr. Felipe Pimentel Lopes de Melo

Co-orientador: Dr. Braúlio Almeida Santos

RECIFE - PE

2014

Catálogo na Fonte:
Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia, CRB-4/1788

Menezes, Tatiane GomesCalaça

O papel da limitação de recrutamento na regeneração natural de uma paisagem fragmentada/ Tatiane Gomes Calaça Menezes. – Recife, 2017.

58 f. : il.

Orientadores: Felipe Pimentel Lopes de Melo, Braúlio Almeida Santos
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Recife, 2017.
Inclui referências e anexos

1. Ecologia vegetal I. Melo, Felipe Pimentel Lopes de (orient.) II. Santos, Braúlio Almeida (coorient.) III. Título.

581.7

CDD (22.ed.)

UFPE/CB-2017-518

TATIANE GOMES CALAÇA MENEZES

O PAPEL DA LIMITAÇÃO DE RECRUTAMENTO NA REGENERAÇÃO NATURAL DE UMA PAISAGEM FRAGMENTADA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Biologia Vegetal, Área de Concentração: Ecologia Vegetal, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Biologia Vegetal**.

APROVADA EM: 26/02/2014

BANCA EXAMINADORA

DR. FELIPE PIMENTEL LOPES DE MELO (ORIENTADOR)
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE

DRA. DEBORAH MARIA DE FARIA (1º TITULAR)
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ - UESC

DR. MARCELO TABARELLI (2º TITULAR)
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE

DRA. JULIA CARAM SFAIR (1º SUPLENTE)
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE

DRA. LAURA CAROLINA LEAL DE SOUSA (2ª SUPLENTE)
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA - UEFS

AGRADECIMENTOS

À minha família, a quem devo minha força e vontade de lutar pelos meus sonhos; meus pais, José (*in memorian*) e Angélica (*in memorian*), minha fonte de valores e de amor que norteia minha vida e a quem sinto a necessidade de honrar de todas as formas sendo uma pessoa de bem e batalhadora como eles foram; minhas irmãs, Talita e Tamires, pelo amor e amizade incondicionais, por dividir sonhos, ideais e paixão por tudo que fazemos; meus avós João (*in memorian*) e Tivinha (*in memorian*), Pedro e Águida, por todo o carinho, pelos sábios conselhos e palavras que sempre me trazem imensa paz; meus tios e primos que compõem minha linda e amada família. As meninas do apê, Rafaela e Iasmine, pelos momentos divertidos e convivência nesses dois anos em Recife.

Aos amigos conquistados durante essa caminhada de dois anos de mestrado, os levo no coração, Fabíola Barros, Deborah Oliveira e Fernanda Maria, em especial à Lumena Duda, obrigada pelo carinho e torcida sempre.

Ao meu orientador: Dr. Felipe Melo pela amizade e atenção sempre que precisei, por todo suporte e orientação neste trabalho e pelas conversas e conselhos preciosos à minha formação; Ao meu co-orientador: Dr. Braúlio Santos, pelas valiosas sugestões e contribuições; e ao Dr. Marcelo Tabarelli por compartilhar o conhecimento de forma desprendida e pelos sábios conselhos na vida de cientista.

Às agências de fomento e de apoio: a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado, ao Programa de pós graduação em Biologia Vegetal, ao CEPAN – Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste, pelo apoio logístico, ao Cnpq pela concessão de financiamento do projeto. À Usina Miriri, pelo apoio logístico e acesso às áreas de estudo; ao Mateiro Val, sempre muito prestativo e eficiente no trabalho de campo.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal pelos conhecimentos compartilhados e aprendidos que muito contribuíram para minha formação e conhecimento. Aos funcionários da secretaria, Adriano e Hildebrando pela solícita atenção sempre que precisei.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia Vegetal e Aplicada, pela amizade e apoio; em especial aqueles com que compartilhei os trabalhos de campo, Fabíola Barros, Rafaela Moura, Tiago Esposito, Gabriela Cunto, Julia Sfair e Bruno Pinho. Um agradecimento especial aos colegas Zezinho e Júlia que muito me ajudaram nas análises deste manuscrito.

Meu profundo agradecimento a todos que de alguma forma contribuíram pela a elaboração deste trabalho.

À força maior, a quem denominamos Deus, que norteia toda a beleza de viver e de descobrir a cada dia algo novo e belo!

RESUMO

Esta dissertação procura entender a capacidade das florestas secundárias em reter biodiversidade tem sido uma preocupação recorrente entre biólogos conservacionistas e ecólogos. Essa preocupação com a capacidade de regeneração natural dos ecossistemas se intensifica em paisagens altamente perturbadas por intenso uso agrícola. Investigamos como o recrutamento de espécies arbóreas se comporta ao longo de uma cronosequência de áreas abandonadas após o cultivo de cana-de-açúcar? Este estudo foi conduzido numa área situada no Corredor de Biodiversidade do Nordeste do Brasil, numa paisagem composta por um mosaico de áreas com diferentes idades de abandonado após cultivo de cana-de-açúcar durante 4 a 5 anos e áreas de floresta atlântica nativa. Amostramos todas as plântulas de espécies lenhosas em 15 áreas em regeneração (5 – 30 anos) e 10 áreas de floresta madura. Usamos modelos lineares e ordenações multivariadas para descrever a distribuição e composição de espécies entre áreas em regeneração após cultivo de cana e a floresta madura circundante. Foram registradas 90 espécies de plântulas lenhosas, sendo 58 nas áreas em regeneração e 58 na floresta madura. As espécies com maior abundância relativa foram também aquelas com distribuição mais ampla na paisagem. A floresta secundária demonstrou se recuperar rapidamente quanto à riqueza, diversidade e número de indivíduos alcançando os valores de referência após cerca de dezesseis anos de regeneração. No entanto, quanto à composição de espécies, as áreas de regeneração apresentaram uma composição muito distinta daquela observada na floresta mesmo após 30 anos de regeneração. As dez espécies mais dominantes em cada hábitat foram completamente diferentes. Adicionalmente, as espécies mais abundantes na floresta madura apareceram apenas nas áreas em regeneração com mais de 12 anos, aumentando sua frequência com a idade da regeneração. A composição taxonômica não foi influenciada pela distância entre as áreas, sugerindo pouco ou nenhum efeito da dispersão na montagem dessas assembleias. Já a cobertura vegetal teve um pequeno, mas significativo efeito sobre a composição. Os resultados sugerem pouca estocasticidade na organização de comunidades vegetais nesta paisagem e um efeito da cobertura vegetal e da idade do abandono na composição de espécies indicando que processos determinísticos tem forte papel na estruturação de comunidades em áreas abandonadas após uso agrícola da terra.

Palavras-chave: Florestas secundárias. Recrutamento. Composição vegetal. Homogeneização biótica.

ABSTRACT

This work try understanding the capacity of secondary forests in retaining biodiversity has been a recurring concern among conservation biologists and ecologists. This concern with capacity for natural regeneration of the ecosystems increases in landscapes highly disturbed by intense agricultural use land. Investigated, as recruitment of tree species behaves along a chronosequence of abandoned fields after cultivation of sugarcane? The study take place in an area Biodiversity Corridor in the Northeast of Brazil, in a landscape which is a mosaic of fields with different ages abandoned after cultivation of sugarcane during 4-5 years and areas of native Atlantic Forest (6°59'S, 35°5'W). We sampled all the seedlings of woody species in 15 regeneration sites (5-30 years) and 10 mature forest sites. We used linear models and multivariate ordinations to describe the distribution and species composition between areas in regeneration after cultivation of sugarcane and the surrounding mature forest. Ninety species of woody plants were recorded. Of these, 58 occurred in regeneration sites and 58 in the mature forest. The species with the highest relative abundance were also those with widest distribution in the landscape. The secondary forest showed recover quickly regarding richness, diversity and number of individuals reaching the reference values after about sixteen years of regeneration. However, regarding the species composition, regeneration areas showed much different composition from that observed in the forest even after 30 years of regeneration. The ten most dominant species in each habitat were completely different. In addition, the most abundant in mature forest species appeared only in regeneration sites with more than 12 years, increasing their frequency with age of regeneration. The taxonomic composition was not influenced by the distance between areas, suggesting little or no effect on the dispersion assembly such meetings. Already vegetation cover had a small but significant effect on the composition. Our findings suggest little stochasticity in the organization of plant communities in this landscape and a significant effect of vegetation cover and the age of abandonment into species composition indicating that deterministic processes has strong role in structuring communities in areas abandoned after agricultural land use.

Key-words: Secondary forests. Recruitment. Plant composition. Biotic homogenization.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Mapa da área de estudo destacando a paisagem altamente fragmentada com pequenos fragmentos de floresta estacional semi-decidual (em verde) imersos em uma matriz de cultivo de cana-de-açúcar no estado da Paraíba, nordeste do Brasil.....34
- Figura 2** - Limitação de plântulas das espécies arbóreas e sua abundância na paisagem da floresta atlântica do nordeste do Brasil. (0 – sem limitação de plântulas, 1 – limitação máxima).....35
- Figura 3** - Parâmetros gerais da comunidade de plântulas ao longo de uma cronossequência de áreas abandonadas após cultivo de cana-de-açúcar no nordeste do Brasil. **a)** Riqueza; **b)** Diversidade e **c)** Número total de indivíduos por área estudada.....36
- Figura 4** - Ordenação de escalonamento multidimensional não-métrico feito a partir do índice de dissimilaridade de Bray-Curtis baseado na abundância das espécies em áreas em regeneração após cultivo de cana e áreas de floresta estacional semi-decidual no nordeste do Brasil.....37
- Figura 5** - Rank de abundância das espécies da comunidade de plântulas nos habitats de floresta madura e áreas em regeneração numa floresta estacional semi-decidual no nordeste do Brasil. Em destaque as espécies mais representativas em cada habitat.....38
- Figura 6** - Frequência de ocorrência das dez espécies mais abundantes em floresta madura nas áreas em regeneração após cultivo de cana no nordeste do Brasil.....39

Figura 7 - Ordenação de Escalonamento multi-dimensional não-métrico entre composição florística e percentual de cobertura vegetal no entorno das áreas em regeneração natural após intenso cultivo de cana no nordeste do Brasil. O NMDS foi gerado usando a matrizes de dissimilaridade de Bray-Curtis com 999 permutações.....40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies mais abundantes numa paisagem composta de áreas de floresta madura e áreas em regeneração após cultivo, seguida do habitat predominante (floresta e regeneração) , tamanho das sementes (<0,6 cm de comprimento - pequenas, 0,6-1,5 cm - médias, >1,5-3,0cm – grandes) e tipo de dispersão (abiótica e por vertebrados).....	41
---	----

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Dinâmica das florestas tropicais modificadas pelo homem.....	14
2.2 Sucessão secundária ao longo da regeneração natural.....	16
3. MANUSCRITO: <i>Limitação de recrutamento de plântulas impede a regeneração florestal em uma paisagem fragmentada</i>	25
3.1 Introdução	29
3.2 Métodos	31
3.3 Resultados	33
3.4 Discussão	35
Referencias Bibliográficas	38
4. CONCLUSÕES GERAIS	49
ANEXO	50

1. APRESENTAÇÃO

O processo de fragmentação e perda de habitat natural modifica toda a dinâmica de funcionamento de ecossistemas naturais por alterar as características abióticas e os padrões de interação e distribuição das espécies (Fahrig 2003, Fáveri et al. 2008, Fischer & Lindenmayer 2007, Laurance & Vasconcelos 2009). Esse conjunto de fatores pode alterar consideravelmente os processos de organização das comunidades vegetais afetando a capacidade de resiliência dos ecossistemas frente a distúrbios e impedindo que áreas uma vez perturbadas consigam seguir seu curso sucessional. Entre os processos mais afetados, estão aqueles relacionados à dispersão de sementes (Caves, et al. 2013; Costa et al. 2012) uma vez que as florestas tropicais costumam sofrer fortes processos de extinção local de sua fauna de dispersores vertebrados, resultando assim, numa limitação de dispersão de sementes sob tais condições, que pode ainda, se reverter em limitação de recrutamento das espécies dispersas por animais (Brodie et al. 2009, Harrison et al. 2013).

A organização da comunidade que se segue ao abandono de áreas cultivadas em paisagens perturbadas é dependente de diversos fatores bióticos (i.e. dispersão de sementes, competição, predação) e abióticos (i.e. degradação do solo, disponibilidade hídrica, luz) (Guariguata & Ostertag 2001). Logo, a capacidade de regeneração nessas áreas dependerá daquelas espécies capazes de resistir aos filtros de dispersão e de estabelecimento instalados sobre as atuais condições ambientais impostas pela matriz. Ou seja, a regeneração dessas áreas dar-se-á provavelmente com o domínio daquelas espécies que consigam ser dispersas pela fauna remanescente e que não possua restrições severas de recrutamento em ambientes estressantes como áreas abandonadas pós-cultivo.

Diante disso, nos propomos a investigar o potencial de regeneração natural da floresta atlântica em áreas abandonadas após corte e queima de cana-de-açúcar. Especificamente procuramos entender se limitação de recrutamento em áreas abandonadas em processo de

regeneração após cultivo de cana-de-açúcar é um fator retardador da sucessão ecológica, dificultando a colonização de espécies de árvores com características de floresta madura, como previsto durante os processos sucessionais em florestas tropicais. Utilizaremos o banco de plântulas como um proxy do recrutamento das espécies. Com esse estudo esperamos ter um panorama geral da situação da regeneração após o abandono de campos anteriormente intensamente cultivados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Dinâmica das florestas tropicais modificadas pelo homem

A montagem de uma assembleia de árvores é um processo que envolve múltiplos fatores que em conjunto determinam que espécies são capazes de se estabelecer em determinado habitat (ver Keddy 1992). Estes fatores envolvem interações ecológicas (competição, dispersão, predação) e filtros ambientais (clima, solo, estrutura da paisagem) que isoladamente ou em conjunto determinam o estabelecimento das espécies. A trajetória sucessional depende do tipo de perturbação e da natureza das condições que a precedem e a sucedem como, por exemplo, os padrões de uso do solo (Chazdon 2012). E a combinação dos diversos tipos de filtros ambientais irá determinar os padrões de regeneração. Apesar das teorias sucessionais não serem novidade na ecologia de comunidades e ecossistemas, é sim uma fronteira de conhecimento aplicar as predições da teoria sucessional às situações de perturbação típicas da maioria das florestas tropicais do planeta (e.g. fragmentação, efeito de borda, defaunação, degradação do solo, etc.). Prever as diferentes trajetórias sucessionais de paisagens com diferentes tipos e históricos de perturbação é um desafio da ecologia de comunidades que permitirá entender melhor como os mecanismos de estruturação de comunidades biológicas são afetados por perturbações antrópicas e como poderão ser previstos os padrões de retenção de biodiversidade.

As florestas tropicais têm enfrentado alterações sem precedentes em sua estrutura, composição e funcionalidade em razão da fragmentação e perda de habitat resultantes de perturbações como exploração madeireira, caça, incêndios e agricultura intensiva (Laurance & Cochrane, 2001, Peres 2001). O resultado é a conversão de florestas primárias em florestas secundárias, definidas como a regeneração natural de áreas após a supressão da vegetação original numa escala maior que os distúrbios de ordem natural (Breugel 2007). O crescimento

acentuado da população e a demanda de recursos naturais são apontados como a provável causa dessas mudanças e as interações entre essas diferentes forças de mudanças ambientais podem amplificar ou alterar os efeitos ecológicos da fragmentação (Laurance & Cochrane 2001).

Essas paisagens modificadas pelo homem ou florestas secundárias vêm ganhando importância e atenção em todo o mundo devido à sua frequência de ocorrência cada vez maior (Gibbs et al. 2010). A diminuição da população rural prevista para as Américas (Wright & Muller-Landau 2006) abre um panorama de altos níveis regeneração florestal natural resultante do abandono do campo pela migração rural-urbano. Estas áreas representam uma oportunidade para a floresta secundária, assim, a área florestal líquida deve aumentar nas Américas devido a estabilização das populações humanas, da demanda por *commodities* agrícolas e aumento da eficiência do uso da terra agrícola devido à avanços tecnológicos contínuos (Wright & Muller-Landau 2006).

Embora as influências das perturbações humanas devam diminuir nas próximas décadas com um aumento das florestas secundárias, mudanças na estrutura e composição da floresta devem perdurar por muito tempo (Wright & Muller-Landau 2006). Influências do efeito de borda, por exemplo, indicado como a principal causa da mudança observada nas condições físicas do habitat florestal, torna o ambiente adverso para espécies sensíveis como aqueles tolerantes à sombra e emergentes, levando a extinção local destas espécies e provocando um efeito cascata em toda a flora, insetos e vertebrados associados (Tabarelli et al. 2004). E essas mudanças incluem uma extensa gama de atributos como formas de crescimento e estratégias de história de vida e quanto à fauna, o tamanho do corpo, o nível trófico, estratégias de forrageamento, as necessidades de área e uso de habitat (Laurance et al. 2012).

Esse aumento das florestas secundárias não necessariamente se refletirá em conservação das florestas em longo prazo, visto que, as populações humanas continuam a crescer e o consumo per capita de recursos naturais também (Ewers et al. 2009). Um exemplo disso é a floresta atlântica brasileira que mesmo com a tendência de êxodo rural tem experimentado uma forte queda da cobertura vegetal resultante do desmatamento para plantações de soja e cana (Melo et al. 2013). Adicionalmente, as florestas secundárias oriundas da regeneração podem apresentar trajetórias sucessionais múltiplas dentro de uma determinada região tropical, muitas vezes refletindo diferenças no uso anterior da terra (Mesquita et al. 2001).

Embora essas paisagens de florestas secundárias imersas em matrizes de cultivo intenso devam favorecer determinados grupos de espécies adaptados a essas áreas perturbadas conduzindo a uma homogeneização das comunidades e perda de diversidade beta entre fragmentos (Karp et al. 2012; Lobo et al. 2011), vale ressaltar que essas formações possuem uma importante capacidade de reter espécies de floresta madura desde que florestas maduras ainda persistam nas proximidades, assim como a fauna dispersora e que distúrbios antropogênicos sejam relativamente raros após o abandono das áreas (Chazdon et al. 2009). Desse modo, se observa que as florestas tropicais parecem possuir um limiar de resistência às perturbações e capacidade de reter biodiversidade e ao se ultrapassar esse limiar, qualquer perturbação adicional, conduzirá a paisagem em direção a um estado de degradação que se tornará insustentável a menos que sejam efetuadas intensas iniciativas de restauração (Melo et al. 2013).

2.2 Sucessão secundária ao longo da regeneração natural

Alguns padrões gerais são observados na sucessão em florestas tropicais secundárias em ambientes tropicais úmidos e secos. Em geral, se observa um aumento rápido e

progressivo na riqueza de espécies, diversidade e estrutura (Dent et al. 2013; Chazdon et al. 2007; Lebrija-Trejos et al. 2008, 2010), embora a composição de espécies se recupere mais lentamente. Em relação à abundância das espécies, a maioria das colonizadoras iniciais de sucessão apresenta rápido crescimento tornando-se adultos precoces e morrendo por volta dos 10-30 anos, ao longo da sucessão o grupo de emergentes, de crescimento rápido aumenta rapidamente em área basal tendo uma parcela significativa de indivíduos tanto no ambiente de floresta secundária quanto de floresta madura (Chazdon et al. 2010). As espécies de crescimento lento se acumulam gradualmente sob o dossel jovem sendo dominantes na floresta (Chazdon et al. 2010).

As trajetórias sucessionais e as taxas de alteração variam amplamente, conforme a natureza do uso anterior da terra, a proximidade da floresta primária e a disponibilidade de fauna (Chazdon et al. 2007). Desse modo, a capacidade de regeneração destas áreas está intimamente relacionada à chegada de propágulos e a intensidade do uso da terra anterior ao abandono. Em conjunto, estes fatores determinam a composição florística em cada estágio e o nível de recuperação estrutural e funcional da floresta secundária em relação à vegetação original (Guariguata & Ostertag 2001). Assim, a sucessão secundária pode ser definida como um *continuum* que vai do estágio inicial, onde fatores como condições do solo para germinação, chegada de sementes, presença de sementes estocadas no solo e vegetação remanescente tem papel crucial, até estágios tardios onde a habilidade competitiva e a tolerância às condições ambientais entre as espécies determinam o padrão de substituição de espécies, que geralmente não pode ser predito devido estas interações entre as espécies (Guariguata & Ostertag 2001).

Mas a sucessão pode ser interrompida ou desviada como sucessional de usos intensivos da terra e de grande escala que reduzem a fertilidade do solo ou diminuem a disponibilidade de propágulos (Chazdon 2012). Desse modo, a recuperação florestal não

implica que a floresta voltará a sua condição inicial (composição original de espécies), mas sim, que vai recuperar sua funcionalidade (pelo fechamento do dossel, recuperação da riqueza de espécies, aumento da área basal e biomassa) independentemente da composição de espécies (Guariguata & Ostertag 2001).

Padrões distintos relativos à diversidade de espécies não são observados entre os estágios ontogenéticos de plântulas, juvenis e adultos em relação à idade da floresta secundária, o que se observa é um aumento da similaridade da regeneração em relação à floresta madura em termos de espécies tolerantes à sombra (Dent et al. 2013). Mas, características relacionadas ao papel desempenhado pelas espécies na comunidade podem diferir entre florestas secas e úmidas, refletindo a exposição a filtros ambientais distintos, com papel crucial desempenhado pela luz em florestas úmidas e pela disponibilidade hídrica em florestas secas. As mudanças na composição funcional se revelam mais acentuadas em florestas secas quando comparadas às úmidas, onde características conservativas relacionadas ao ambiente mais seco e áspero de início da sucessão dão lugar a características aquisitivas com a maior disponibilidade hídrica e ambiente mais ameno de estágios tardios (Lohbeck et al. 2013).

A dispersão de sementes e seu posterior recrutamento em plântulas são determinantes do curso de regeneração. Esses dois processos são responsáveis por indicar o potencial de regeneração de uma floresta, uma vez que representam fases críticas do ciclo de vida das espécies vegetais. A limitação de sementes e/ou de recrutamento de plântulas pode constituir-se nas principais barreiras à sucessão secundária em áreas abandonadas. A limitação de sementes é definida como a proporção de sítios aonde as sementes não chegam do total passível de ser alcançado e pode ser resultante tanto do baixo número de sementes produzidas (limitação de fonte) quanto da fraca distribuição das sementes disponíveis (limitação de dispersão) (*sensu* Muller-Landau et al. 2002). É, portanto, uma incapacidade das sementes

chegarem a todos os locais adequados para o recrutamento (Dalling et al. 2002). Num cenário de paisagens fragmentadas e defaunadas, esses padrões de limitação podem ser potencializados permitindo que apenas espécies com baixa limitação de sementes e estabelecimento consigam recrutar.

É verdade também que, com o aumento da intensidade do uso da terra, o potencial de regeneração da floresta secundária a partir das sementes estocadas no solo diminui, pois a composição de espécies do banco de sementes é influenciada por este processo, assim, em intenso uso da terra, o estabelecimento de espécies pioneiras passa a ser dependente da dispersão de sementes de fora da área após o abandono (Guariguata & Ostertag 2001).

Uma vez dispersas, as sementes podem alcançar os sítios favoráveis para regeneração e não haver estabelecimento de plântulas devido à competição com outras espécies ou estresse fisiológico imposto pelo hábitat. Esta é a medida da limitação de estabelecimento (ou recrutamento de plântulas), definida como a redução na ocupação de sítios por plântulas devido à falha no estabelecimento após a chegada das sementes (Muller-Landau et al. 2002). Esta é medida no contexto de outros fatores limitantes (Muller-Landau et al. 2002) como a predação, competição e habitat adequado. Características que favorecem a dispersão de sementes (semente de tamanho pequeno, sincronia reprodutiva) podem ser desfavoráveis para o subsequente estabelecimento de plântulas, seja porque o surgimento de microsítios favoráveis para a emergência ou o estabelecimento de espécies de sementes pequenas são raros (*trade-off* entre a limitação de semente e limitação de microsítio), ou porque mudas são eliminados por competidores de grandes sementes (*trade-off* competição-colonização) (Turnbull et al. 1999).

A força da relativa da limitação de sementes x limitação de estabelecimento é em grande parte ditada pelo tamanho das sementes (Dalling et al. 2002). Normalmente se

encontra que espécies de sementes grandes sofrem maior limitação de dispersão (devido à maior limitação de fonte – produção de sementes) e menos limitação de estabelecimento que espécies de sementes pequenas (Clark et al. 1998). Mas de maneira geral, tanto espécies pioneiras e tardias são susceptíveis de serem fortemente limitadas por sementes e por estabelecimento (Muller-Landau et al. 2002, Svenning & Wright 2005).

LITERATURA CITADA

Breugel, M. 2007. Dynamics of secondary forests. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.

Brodie, J.F.; Helmy, O.E.; Brockelman, W.Y. & Maron, J.L. 2009. Bushmeat poaching reduces the seed dispersal and population growth rate of a mammal-dispersed tree. *Ecological Applications* 19: 854–863.

Caves, E.M.; Jennings, S.B.; HilleRisLambers, J.; Tewksbury, J.J. & Rogers, H.S. 2013. Natural Experiment Demonstrates That Bird Loss Leads to Cessation of Dispersal of Native Seeds from Intact to Degraded Forests. *PloS ONE* 8: e65618.

Chazdon, R. L.; Letcher, S.G.; Breugel, M.; Martínez-Ramos, M.; Bongers, F. & Finegan, B. 2007. Rates of change in tree communities of secondary neotropical forests following major disturbances. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 362: 273–289.

Chazdon, R. L.; Peres, C.A.; Dent, D.; Sheil, D.; Lugo, A. E.; Lamb, D.; Stork, N.E. & Miller, S.E. 2009. The Potential for Species Conservation in Tropical Secondary Forests. *Conservation Biology* 23: 1406–1417.

Chazdon, R.L.; Finegan, B.; Capers, R.S.; Salgado-Negret, B.; Casanoves, F.; Boukili, V. & Norden, N. 2010. Composition and Dynamics of Functional Groups of Trees During Tropical Forest Succession in Northeastern Costa Rica. *Biotropica* 42: 31–40.

- Chazdon, R. 2012. Regeneração de florestas tropicais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi de Ciências Naturais* 7(3):195-218.
- Clark, J.S., Macklin, E. & Wood, L. 1998. Stages and spatial of recruitment limitation in southern successional forests. *Ecological Monographs* 68(2): 213-235.
- Cochrane, M.A. 2001. Synergistic interactions between habitat fragmentation and fire in evergreen tropical forests. *Conservation Biology* 15: 1515-1521.
- Costa, J.B.P.; Melo, F.P.L.; Santos, B.A. & Tabarelli, M. 2012. Reduced availability of large seeds constrains Atlantic forest regeneration. *Acta Oecologica* 39: 61-66.
- Dalling, J.W., Muller-Landau, H.C., Wright, S.J. & Hubbell, S.P. 2002. Role of dispersal in the recruitment limitation of neotropical Pioneer species. *Journal of Ecology* 90:714-727.
- Dent, D.H.; DeWaltm S.J. & Denslow, J.S. 2013. Secondary forests of central Panama increase in similarity to old-growth forest over time in shade tolerance but not species composition. *Journal of Vegetation Science* 24: 530–542.
- Ewers, R.M.; Scharlemann, J.P.W.; Balmford, A. & Green, R.E. 2009. Do increases in agricultural yield spare land for nature? *Global Change Biology* 15: 1716–1726.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on Biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34:487–515.
- Fáveri, S.B.; Vasconcelos, H.L. & Dirzo, R. 2008. Effects of Amazonian forest fragmentation on the interaction between plants, insect herbivores, and their natural enemies. *Journal of Tropical Ecology* 24:57–64.
- Fischer, J. & Lindenmayer, D.B. 2007. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography* 16: 265–280.

- Guariguata, M.R. & Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management* 148: 185-206.
- Gibbs, H.K. 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *PNAS*: 107(38): 16732–16737.
- Harrison, R.D.; Tan, S.; Plotkin, J.B.; Slik, F.; Detto, M.; Brenes, T.; Itoh, K. & Davies, S.T. 2013. Consequences of defaunation for a tropical tree community. *Ecology Letters* 16: 687–694.
- Mesquita, R.C.G., Ickes, K., Ganade, G. & Williamson, G.B. 2001. Alternative successional in the Amazon Basin. *Journal of Ecology* 89: 528-537.
- Karp, D.S.; Rominger, A.J.; Zook, J.; Ranganathan, J.; Ehrlich, P.R. & Daily, G.C. 2012. Intensive agriculture erodes b-diversity at large scales. *Ecology Letters* 15: 963–970.
- Keddy, P. A. 1992. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science* 3: 157-164,
- Laurance, W.F. 2012. Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas. *Nature* 489: 290–294.
- Laurance, W.F. & Cochrane, M.A. 2001. Special section: Synergistic effects in fragmented landscapes. *Conservation Biology* 15: 1488–1489.
- Laurance, W.F. & Vasconcelos, H.L. 2009. Conseqüências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. *Oecologia Brasiliensis* 13(3): 434-451.
- Lebrija-Trejos, E.; Bongers, F.; Pérez-García, E.A. & Meave, J.A. 2008. Successional Change and Resilience of a Very Dry Tropical Deciduous Forest Following Shifting Agriculture. *Biotropica* 40(4): 422–431.

- Lebrija-Trejos, E.; Meave, J.A.; Poorter, L.; Pérez-García, E.A. & Bongers, F. 2010. Pathways, mechanisms and predictability of vegetation change during tropical dry forest succession. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 12: 267–275.
- Lohbeck, M.; Poorter, L.; Lebrija-Trejos, E.; Martínez-Ramos, M.; Meave, J.A.; Paz, H.; Pérez-García, E.A.; Romero-Pérez, E.; Tauro, A. & Bongers, F. 2013. Successional changes in functional composition contrast for dry and wet tropical forest. *Ecology* 94(6):1211–1216.
- Lobo, D.; Leão, T.; Melo, F.P.L.; Santos, A.M.M. & Tabarelli, M. 2011. Forest fragmentation drives Atlantic forest of northeastern Brazil to biotic homogenization. *Diversity and Distributions* 17: 287–296.
- Martin P.A, Newton A.C. & Bullock J.M. 2013. Carbon pools recover more quickly than plant biodiversity in tropical secondary forests. *Proceedings of Royal Society B* 280: 20132236.
- Melo, F.P.L.; Pinto, S.R.R.; Brancalion, P.H.S.; Castro, P.S.; Rodrigues, R.R.; Aronson, J. & Tabarelli, M. 2013 . On the hope for biodiversity-friendly tropical landscapes. *Trends in Ecology & Evolution* 28: 462-468.
- Muller-Landau, H.C., Wright, S.J., Caldero'n, O. Hubbell, S.P. & Foster, R.B. 2002. Assessing recruitment limitation: concepts, methods and case studies from a tropical forest.
- Peres, C.A. 2001. Synergistic effects of subsistence hunting and habitat fragmentation on Amazonian forest vertebrates. *Conservation Biology* 15:1490– 1505
- Svenning, J.C. & Wright, J. 2005. Seed limitation in a Panamanian forest. *Journal of Ecology* 93: 853-862.
- Tabarelli, M; Silva, J.M.C. & Gascon, C. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the

impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation* 13: 1419–1425, 2004.

Turnbull, L.A., Rees, M. & Crawley, M.J. 1999. Seed mass and the competition/colonization trade-off: a sowing experiment. *Journal of Ecology* 87: 899–912.

Wright, S.J. & Muller-Landau, H.C. 2006. The Future of Tropical Forest Species. *Biotropica* 38(3): 287–301.

**3. MANUSCRITO: LIMITAÇÃO DE RECRUTAMENTO DE PLÂNTULAS
IMPEDE A REGENERAÇÃO FLORESTAL EM UMA PAISAGEM
FRAGMENTADA**

à ser submetido ao *Journal of Vegetation Science*

**LIMITAÇÃO DE RECRUTAMENTO DE PLÂNTULAS IMPEDE A
REGENERAÇÃO FLORESTAL EM UMA PAISAGEM FRAGMENTADA**

Autores: Tatiane Gomes Calaça Menezes¹ & Felipe Pimentel Lopes de Melo¹

¹Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Moraes Rego, s/n, Cidade Universitária, Recife-PE, Brasil.

Toda a correspondência deve ser endereçada para:

Felipe Pimentel Lopes de Melo
Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Biológicas
Departamento de Botânica.
Av. Prof. Moraes Rêgo, s/n, Cidade Universitária, 50670-901
Recife, PE - Brasil
Telefone: 055 81 21268944
E-mail: fplmelo@gmail.com

Resumo

Questões: Entender a capacidade das florestas secundárias em reter biodiversidade tem sido uma preocupação recorrente entre biólogos conservacionistas e ecólogos. Essa preocupação com a capacidade de regeneração natural dos ecossistemas se intensifica em paisagens altamente perturbadas por intenso uso agrícola. Investigamos como o recrutamento de espécies arbóreas se comporta ao longo de uma cronosequência de áreas abandonadas após o cultivo de cana-de-açúcar? **Localização:** Este estudo foi conduzido numa área situada no Corredor de Biodiversidade do Nordeste do Brasil. A paisagem é composta por um mosaico de áreas com diferentes idades de abandonado após cultivo de cana-de-açúcar durante 4 a 5 anos e áreas de floresta atlântica nativa (6°59'S, 35°5'W). **Métodos:** Amostramos todas as plântulas de espécies lenhosas em 15 áreas em regeneração (5 – 30 anos) e 10 áreas de floresta madura. Usamos modelos lineares e ordenações multivariadas para descrever a distribuição e composição de espécies entre áreas em regeneração após cultivo de cana e a floresta madura circundante. **Resultados:** Foram registradas 90 espécies de plântulas lenhosas, sendo 58 nas áreas em regeneração e 58 na floresta madura. As espécies com maior abundância relativa foram também aquelas com distribuição mais ampla na paisagem. A floresta secundária demonstrou se recuperar rapidamente quanto à riqueza, diversidade e número de indivíduos alcançando os valores de referência após cerca de dezesseis anos de regeneração. No entanto, quanto à composição de espécies, as áreas de regeneração apresentaram uma composição muito distinta daquela observada na floresta mesmo após 30 anos de regeneração. As dez espécies mais dominantes em cada hábitat foram completamente diferentes. Adicionalmente, as espécies mais abundantes na floresta madura apareceram apenas nas áreas em regeneração com mais de 12 anos, aumentando sua frequência com a idade da regeneração. A composição taxonômica não foi influenciada pela distância entre as áreas, sugerindo pouco ou nenhum efeito da dispersão na montagem dessas assembleias. Já a cobertura vegetal teve um pequeno, mas significativo efeito sobre a composição. **Conclusões:** Os resultados sugerem pouca estocasticidade na organização de comunidades vegetais nesta paisagem e um efeito da cobertura vegetal e da idade do abandono na composição de espécies indicando que processos determinísticos tem forte papel na estruturação de comunidades em áreas abandonadas após uso agrícola da terra.

Palavras-chave: Florestas secundárias; recrutamento; composição vegetal; homogeneização biótica.

Abstract

Question: Understanding the capacity of secondary forests in retaining biodiversity has been a recurring concern among conservation biologists and ecologists. This concern with capacity for natural regeneration of the ecosystems increases in landscapes highly disturbed by intense agricultural use land. Investigated, as recruitment of tree species behaves along a chronosequence of abandoned fields after cultivation of sugarcane? **Location:** This study was conducted in an area Biodiversity Corridor in the Northeast of Brazil. The landscape is a mosaic of fields with different ages abandoned after cultivation of sugarcane during 4-5 years and areas of native Atlantic Forest (6°59'S, 35°5'W). **Methods:** We sampled all the seedlings of woody species in 15 regeneration sites (5-30 years) and 10 mature forest sites. We used linear models and multivariate ordinations to describe the distribution and species composition between areas in regeneration after cultivation of sugarcane and the surrounding mature forest. **Results:** Ninety species of woody plants were recorded. Of these, 58 occurred in regeneration sites and 58 in the mature forest. The species with the highest relative abundance were also those with widest distribution in the landscape. The secondary forest showed recover quickly regarding richness, diversity and number of individuals reaching the reference values after about sixteen years of regeneration. However, regarding the species composition, regeneration areas showed much different composition from that observed in the forest even after 30 years of regeneration. The ten most dominant species in each habitat were completely different. In addition, the most abundant in mature forest species appeared only in regeneration sites with more than 12 years, increasing their frequency with age of regeneration. The taxonomic composition was not influenced by the distance between areas, suggesting little or no effect on the dispersion assembly such meetings. Already vegetation cover had a small but significant effect on the composition. **Conclusions:** The results suggest little stochasticity in the organization of plant communities in this landscape and a significant effect of vegetation cover and the age of abandonment into species composition indicating that deterministic processes has strong role in structuring communities in areas abandoned after agricultural land use.

Key-words: Secondary forests; recruitment; vegetable composition; biotic homogenization

3.1 Introdução

Entender a capacidade das florestas secundárias em reter biodiversidade e sustentarem serviços ecossistêmicos tem sido uma preocupação recorrente entre biólogos conservacionistas e ecólogos (Chazdon et al. 2009; Breugel 2013, Bu et al. 2014). Em muitas regiões, como consequência de diferentes arranjos econômicos, sociais, pressões demográficas e políticas, os sistemas de uso da terra estão se tornando cada vez mais insustentáveis (Breugel 2007) resultando num aumento cada vez maior de áreas abandonadas após uso intenso do solo. O conhecimento sobre as mudanças sucessionais na composição das comunidades vegetais nessas florestas secundárias oriundas da regeneração, no entanto, permanece relativamente pouco compreendido e sua importância se destaca no contexto de uso do solo para agricultura, onde são mais frequentes (Breugel 2013).

A distribuição das espécies numa paisagem pode ser dirigida por fatores determinísticos e/ou estocásticos (Dent et al. 2013). Mudanças na riqueza de espécies podem ser conduzidas por características contrastantes de dispersão e requerimentos para o estabelecimento das espécies (Martin et al. 2013), embora a similaridade de espécies entre as áreas possa variar em função da distância (Condit et al. 2002). De modo geral, a regeneração em áreas perturbadas é dependente basicamente da chegada de sementes (dispersão) e da capacidade das espécies em colonizar estas áreas (Guariguata & Ostertag 2001), sobretudo quando se utiliza fogo no manejo do solo (e.g. agricultura de corte-e-queima, cultivo tradicional de cana-de-açúcar). Entender como a composição de espécies é influenciada pela paisagem é impreterível para determinar quais desses processos (limitação de dispersão e limitação de estabelecimento) impõe maior restrição ao processo de regeneração natural.

As trajetórias sucessionais e as taxas de mudanças na estrutura e composição de espécies em florestas secundárias podem variar amplamente, conforme a natureza do uso

anterior da terra, a proximidade de áreas fonte (floresta primária) e a disponibilidade de fauna (Chazdon et al. 2007). Sabendo que muitas florestas tropicais constituem atualmente em um mosaico de remanescentes florestais numa matriz de cultivo ou pastagem (Dent et al. 2013) e que a fauna de grandes dispersores enfrenta uma forte pressão de caça com possíveis extinções locais, os processos de dispersão e estabelecimento podem ser seriamente comprometidos (Nuñez-Iturri & Howe 2007, Wright et al. 2007, Brodie et al. 2009, Vanthomme et al. 2010). Seria razoável esperar nesse cenário uma sucessão florestal fortemente retardada por limitação de dispersão e/ou de recrutamento.

Neste estudo investigamos como o recrutamento de espécies arbóreas se comporta ao longo de uma cronosequência de áreas abandonadas após o cultivo intenso de cana-de-açúcar. Primeiro, analisamos se os parâmetros de riqueza, diversidade e abundância se recuperavam rapidamente com o abandono da área. Depois, testamos se a distribuição das espécies na paisagem estava relacionada com a sua abundância relativa. Em seguida, elaboramos um modelo para tentar explicar diferenças na composição das comunidades de plântulas com base no tempo de abandono, na distância entre as áreas e na cobertura vegetal circundante. Finalmente, relacionamos a composição de espécies com características funcionais de tamanho de sementes e dispersão. Esperamos que apenas um grupo não-aleatório de espécies com baixa limitação de recrutamento, requerimentos ecológicos e características funcionais similares seja capaz de estabelecer populações numerosas sob tais condições de modificação da paisagem.

3.2 Métodos

Área de estudo

Este estudo foi conduzido numa área situada no Corredor de Biodiversidade do Nordeste que ocupa a zona costeira, desde Alagoas até o estado do Rio Grande do Norte (Fig. 1). A paisagem é composta por um mosaico de áreas com diferentes idades de abandonado após cultivo de cana-de-açúcar durante 4 a 5 anos e áreas de floresta atlântica nativa (6°59'S, 35°5'W). As áreas de vegetação nativa remanescente totalizam cerca de 12.000 hectares e estão distribuídas em dois tipos de vegetação segundo o IBGE (2008): Floresta Estacional Semidecidual e Área de Tensão Ecológica. A região é predominantemente de terrenos planos ou suave-ondulados, com altitudes inferiores a 230 metros. Os solos são predominantemente Argissolos e Latossolos e em menor proporção Neossolos e Espodosolos. A precipitação anual varia de 1.300 mm/ano na porção oeste da paisagem a 1.700 mm/ano na porção leste, com uma média de 3 meses secos por ano (< 60 mm/mês) – normalmente entre os meses de outubro-dezembro (Usina Miriri).

Método de coleta

Avaliamos um total de 25 áreas, sendo 15 em regeneração (entre 4 e 30 anos de abandono) e 10 áreas de floresta conservada. Os sítios de referência eram aqueles localizados o mais próximo de cada área em regeneração, afim de, servir de referencial do potencial da vegetação de dispersão e recrutamento das espécies. As coletas foram realizadas entre setembro e novembro de 2012 durante a estação seca. As áreas em regeneração distavam pelo menos 1 km entre si. Em cada área, todas as plântulas em 9 subparcelas de 2 x 2 m inseridas ao longo de três transectos de 2 x 50 m foram amostradas, totalizando 36 m² por área. Consideramos plântulas todos os indivíduos que apresentavam entre 0,3 e 1 m de altura, sem indícios de propagação vegetativa e rebrota. Para cada espécie, calculamos a limitação de

plântulas (expressão da falha no estabelecimento das espécies) *sensu* Nathan &

Muller-Landau (2000): *Limitação de plântulas* = $\frac{1 - \text{sítios em que o estabelecimento ocorreu}}{\text{Número total de sítios}}$.

Para avaliar a hipótese de que apenas um subgrupo não aleatório de espécies é capaz de colonizar áreas abandonadas, classificamos as espécies segundo o tamanho das sementes (<0,6 cm de comprimento - pequenas, 0,6-1,5 cm - médias, >1,5-3,0cm - grandes, >3,0cm – muito grandes) *sensu* Tabarelli & Peres (2002) e o tipo de dispersão (dispersas abioticamente, dispersas por vertebrados) *sensu* van der Pijl (1982).

Análise dos dados

Utilizamos uma regressão linear para descrever a relação entre a abundância das espécies e sua distribuição na paisagem (limitação de plântulas). O mesmo teste foi usado para determinar se os descritores da comunidade (riqueza, diversidade e número de indivíduos) mudaram ao longo da idade da regeneração.

A similaridade na composição de espécies entre os habitats de regeneração e floresta madura foi comparada par-a-par entre os sítios para gerar uma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis baseada na abundância. Para isto, utilizamos o estimador Chao, que é sensível a altas proporções de espécies despercebidas nas amostras (Chao et al. 2005). Após a construção da matriz, utilizamos uma análise de similaridade (ANOSIM) baseada em 999 permutações e um Escalonamento Multi-Dimensional Não-Métrico (NMDS) para quantificar o efeito do hábitat sobre a composição florística. Rodamos essas análises no pacote Vegan do R.

Constatamos diferenças na abundância das espécies entre os dois ambientes por meio de um gráfico com as curvas de ranking de abundância das espécies usando o pacote Biodiversity do R. Em seguida, fizemos uma regressão linear simples para saber se a

frequência de ocorrência de espécies abundantes em floresta em áreas em processo de regeneração variava com o tempo de abandono.

Montamos um modelo para tentar explicar a composição de espécies nas áreas com base na idade da regeneração, cobertura vegetal circundante e distância entre áreas. Para determinar se a distância geográfica ou cobertura vegetal (distância ambiental) explicava variações na composição de espécies, fizemos o teste de Mantel (999 permutações) usando a distância euclidiana entre as áreas para as duas variáveis explicativas separadamente. A distância ambiental entre as áreas dada pela cobertura vegetal foi calculada para um raio de 500 m a partir de cada área. Os testes foram feitos utilizando o programa Primer 6 e os gráficos no R.

3.3 Resultados

Comunidade de plântulas na paisagem

Um total de 833 plântulas foi registrado, sendo 510 ($34 \pm 25,8$; média $\pm$ desvio padrão) em áreas em regeneração e 323 ($32 \pm 17,9$) em áreas de floresta conservada. Esses indivíduos pertenciam a 90 espécies, sendo 58 em áreas de regeneração ($8,68 \pm 5,65$) e 58 em áreas de floresta ($12,2 \pm 3,76$). Estes dois tipos de hábitat compartilharam apenas 26 espécies (28,9% do total de espécies) e apresentaram ambos 32 espécies exclusivas. As espécies com maior abundância relativa (Tab. 1) foram também aquelas com distribuição mais ampla na paisagem ($F_{(1,78)} = 179$; $p < 0,001$, $R = 0,69$, Fig. 2), ou seja, aquelas com menor limitação de plântulas, sugerindo uma baixa diversidade beta, uma vez que as espécies que dominam a paisagem também dominam a regeneração em escala local.

Sucessão florestal na paisagem

A regeneração natural em áreas abandonadas após intenso cultivo agrícola demonstrou se recuperar rapidamente quanto à riqueza ($F_{(1,13)} = 15$; $p = 0,002$; $R^2 = 0,5$; Fig.3a), diversidade ($F_{(1,13)} = 11,1$; $p = 0,005$; $R^2 = 0,79$; Fig. 3b) e número de indivíduos ($F_{(1,13)} = 17,3$; $p = 0,001$; $R = 0,54$; Fig. 3c) alcançando os valores de referência da comunidade madura quanto a estas métricas após cerca de dezesseis anos de regeneração.

No entanto, as áreas de regeneração apresentaram uma composição de espécies muito distinta daquela observada na floresta madura mesmo após 30 anos de regeneração ($R = 0,56$; $p = 0,001$; Fig. 4). As dez espécies mais abundantes em cada hábitat, por exemplo, foram completamente diferentes (Fig. 5) e apresentaram distintas características de dispersão e tamanho da semente, sendo as espécies mais abundantes na regeneração aquelas com sementes pequenas ou médias dispersas por animais ou pelo vento (Tab. 1), ao passo que, as espécies com maior número de indivíduos na floresta madura apresentaram os mais variados tamanhos e formas de dispersão.

A ocorrência de espécies abundantes no ambiente de floresta madura em áreas em regeneração se restringiu a mais de 12 anos após o abandono da área e sua frequência de ocorrência aumentou com a idade da regeneração ($F_{(1,13)} = 8,13$; $p = 0,01$; $R = 0,38$; Fig. 6) demonstrando que essas espécies precisam de condições de habitat distintas daquelas oferecidas pelas áreas em estágio inicial de regeneração.

A regeneração na paisagem estudada parece estar influenciada basicamente pelo tempo de abandono da área, uma vez que foi possível detectar uma relação linear entre os eixos do NMDS e o tempo de regeneração ($F_{(1,23)} = 71,5$, $p < 0,0001$). A composição taxonômica, no entanto não está influenciada pela distância entre as parcelas estudadas,

sugerindo pouco ou nenhum efeito da dispersão na montagem dessas assembleias ($Rho = 0,11$; $p = 0,094$).

Por outro lado, a cobertura vegetal ao redor das áreas de regeneração não influenciou os atributos da regeneração como riqueza e densidade de plântulas, mas teve um pequeno, mas significativo efeito na composição de espécie ($Rho = 0,16$; $p = 0,018$) sugerindo que áreas com cobertura florestal similar tendem a ter composição de espécies ligeiramente parecidas (Fig. 7). A elevada variação mostrada pelos pontos do NMDS, especialmente em pequenas diferenças de cobertura vegetal, independente se o percentual de vegetação é elevado ou baixo, aliada a distribuição mais dispersa da composição taxonômica das áreas em regeneração comparada à floresta madura sugere a importância de distúrbios intermediários na manutenção de diversidade nessas áreas.

4. Discussão

Os dois habitats apresentaram composição de espécies bem distintas e as espécies mais abundantes também apresentaram ampla distribuição na paisagem. A composição de espécies foi em parte determinada pelo percentual de cobertura vegetal, mas a distância não teve influencia. Aparentemente a organização taxonômica da comunidade nas áreas não é influenciada pela configuração da paisagem, mas sim pela idade de abandono. Isso denota que processos determinísticos e não estocásticos estão atuando sobre a montagem dessas comunidades após o abandono da terra. Provavelmente, isto ocorre porque as condições de regeneração mudam ao longo do tempo proporcionando um gradiente ambiental para o estabelecimento ao longo da sucessão (Lebrija-Trejos et al. 2010a).

O registro de espécies abundantes na floresta madura em áreas em regeneração (> 12 anos de abandono) e seu aumento de frequência de ocorrência com a idade da regeneração também indicam a existência deste gradiente ambiental. Esse aumento de recrutamento

relacionado à mudança na composição de espécies ao longo da sucessão também foi observado Lebrija-Trejos et al. (2010a) mostrando a importância clara das condições ambientais na organização das comunidades, onde as espécies mais adequadas foram abundantes.

A ausência de espécies típicas da floresta madura na fase inicial de regeneração evidencia que áreas abandonadas após cultivo intenso não oferecem heterogeneidade de habitat necessária para a incorporação de espécies com requerimentos especiais. Do mesmo modo, distintos grupos de espécies dominaram os dois habitats sugerindo que as condições distintas desses ambientes atuam de forma determinante sobre as espécies colonizadoras. Espécies florestais típicas geralmente apresentam crescimento lento a moderado e somente colonizam o sub-bosque após o fechamento do dossel, enquanto as de crescimento moderado a muito rápido estão presentes desde o início da sucessão ilustrando demanda conflitante entre crescimento e sobrevivência ao longo da sucessão secundária (Chazdon et al. 2010).

Um pequeno efeito da cobertura vegetal no entorno das áreas em regeneração foi constatado, sugerindo que áreas que apresentam cobertura vegetal similar tendem a apresentar uma flora mais similar. Desse modo, áreas com percentual de cobertura florestal similares podem apresentar heterogeneidade ambiental equivalentes. Ekroos et al. (2010) observaram uma diminuição da diversidade alfa e beta e aumento de espécies generalistas e de alta mobilidade com a simplificação da paisagem ao longo de um gradiente de aumento da área agrícola e diminuição da cobertura vegetal.

O recrutamento nesta paisagem parece não ser limitado por dispersão, uma vez que não houve efeito da distância sobre a composição de espécies. A baixa ocorrência de espécies com sementes grandes, contrapondo a predominância de espécies com sementes pequenas geralmente dispersas por aves e morcegos ou abioticamente pode explicar a distribuição ampla e homogênea das espécies com estas características por toda a paisagem. Essas

características do processo de dispersão nesta paisagem podem ser resultado de uma redução da variabilidade provocada pela limitação de dispersão e a interação entre o tempo de perturbação e a disponibilidade de propágulos (Lebrija-Trejos et al. 2010b). Adicionalmente, as espécies mais abundantes representavam aquelas com distribuição mais ampla na paisagem, indicando uma redução da diversidade beta. Redução desse parâmetro da comunidade já foi observado como resultado da intensificação do uso da terra por tornar a estrutura da vegetação mais similar em grandes distâncias (Karp et al. 2012). Nossos resultados suportam a ideia de que a distribuição e composição das comunidades vegetais nesta paisagem fragmentada e com intenso uso agrícola apresenta novas regras de resposta das assembleias de plantas diante da ausência de grandes sementes e seus respectivos dispersores, conduzindo a modificações na dinâmica de manchas e reduzindo o conjunto de espécies regional por proliferação de grupos particulares de espécies (Lôbo et al. 2011).

Os resultados de nosso estudo fornece uma evidência de pouca estocasticidade na organização das comunidades vegetais, onde apenas um grupo não-aleatório de espécies tolera as condições ambientais impostas pelo cultivo de cana-de-açúcar e consegue estabelecer populações numerosos com distribuição ampla na paisagem, o que conduz a uma homogeneização biótica impulsionada por intensificação no uso do solo (Ekroos et al. 2010). Tal constatação é preocupante, visto que, a capacidade de funcionamento do ecossistema está intimamente relacionada com a diversidade durante a sucessão secundária (Bu et al. 2014). Finalmente, mecanismos que garantam a retenção de biodiversidade nestas paisagens agrícolas como a regeneração assistida são urgentes, que mesmo tendo um elevado custo, pode ser necessária ainda que numa fase inicial.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento das pesquisas e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida a primeira autora. À Miriri Alimentos e o Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN) pelo apoio logístico e acesso as áreas de estudo.

Referências Bibliográficas

- Breugel M.; Hall, J.S.; Craven, D.; Bailon, M.; Hernandez, A.; Abbene, M. & Breugel, P. 2013. Succession of Ephemeral Secondary Forests and Their Limited Role for the Conservation of Floristic Diversity in a Human-Modified Tropical Landscape. *PLoS ONE* 8: e82433.
- Brodie, J.F.; Helmy, O.E.; Brockelman, W.Y. & Maron, J.L. 2009. Bushmeat poaching reduces the seed dispersal and population growth rate of a mammal-dispersed tree. *Ecological Applications* 19: 854–863.
- Bu, W.; Zang, R. & Ding, Y. 2014. Field observed relationships between biodiversity and ecosystem functioning during secondary succession in a tropical lowland rainforest. *Acta Oecologica* 55: 1-7.
- Chao, A.; Chazdon, R.L.; Colwell, R.K. & Shen, T. 2005. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters* 8: 148–159.

- Chazdon, R. L.; Letcher, S.G.; Breugel, M.; Martínez-Ramos, M.; Bongers, F. & Finegan, B. 2007. Rates of change in tree communities of secondary neotropical forests following major disturbances. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 362: 273–289.
- Chazdon, R. L.; Peres, C.A.; Dent, D.; Sheil, D.; Lugo, A. E.; Lamb, D.; Stork, N.E. & Miller, S.E. 2009. The Potential for Species Conservation in Tropical Secondary Forests. *Conservation Biology* 23: 1406–1417.
- Chazdon, R.L.; Finegan, B.; Capers, R.S.; Salgado-Negret, B.; Casanoves, F.; Boukili, V. & Norden, N. 2010. Composition and Dynamics of Functional Groups of Trees During Tropical Forest Succession in Northeastern Costa Rica. *Biotropica* 42: 31–40.
- Condit, R.; Pitman, N.; Leigh Jr., E.G.; Chave, J.; Terborgh, J.; Foster, R.B.; Núñez, P.; Aguilar, S.; Valencia, R.; Villa, G.; Muller-Landau, H.C.; Losos, E. & Hubbell, S.P. 2002. Beta-Diversity in Tropical Forest Trees. *Science* 295: 666-669.
- Dent, D.H.; DeWaltm S.J. & Denslow, J.S. 2013. Secondary forests of central Panama increase in similarity to old-growth forest over time in shade tolerance but not species composition. *Journal of Vegetation Science* 24: 530–542.
- Ekroos, J.; Heliola, J. & Kuussaari, M. 2010. Homogenization of lepidopteran communities in intensively cultivated agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology* 47: 459–467.
- IBGE. 2008. Mapa da área de aplicação da Lei nº 11.428 de 2006. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*, Rio de Janeiro.
- Karp, D.S.; Rominger, A.J.; Zook, J.; Ranganathan, J.; Ehrlich, P.R. & Daily, G.C. 2012. Intensive agriculture erodes b-diversity at large scales. *Ecology Letters* 15: 963–970.

Lebrija-Trejos, E.; Pérez-García, E.A.; Meave, J.A.; Bongers, F. & Poorter, L. 2010a. Functional traits and environmental filtering drive community assembly in a species-rich tropical system. *Ecology* 91: 386–398.

Lebrija-Trejos, E.; Meave, J.A.; Poorter, L.; Pérez-García, E.A. & Bongers, F. 2010b. Pathways, mechanisms and predictability of vegetation change during tropical dry forest succession. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 12: 267–275.

Martin P.A, Newton A.C. & Bullock J.M. 2013. Carbon pools recover more quickly than plant biodiversity in tropical secondary forests. *Proceedings of Royal Society B* 280: 20132236.

Nathan, R. & Muller-Landau, H.C. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, then determinants and consequences for recruitment. *Trens in Ecology and Evolution* 15: 278-285.

Núñez-Iturri, G. & Howe, H.F. 2007. Bushmeat and the Fate of Trees with Seeds Dispersed by Large Primates in a Lowland Rain Forest in Western Amazonia. *Biotropica* 39: 348–354.

Tabarelli, M., & Peres, C.A. 2002. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: Implications for forest regeneration. *Biological Conservation* 106: 165–176.

van der Pijl, L. 1982. *Principles of seed dispersal in higher plants*. 3rd edn. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

Vanthomme, H.; Bellé, B. & Forget, P. 2010. Bushmeat Hunting Alters Recruitment of Large-seeded Plant Species in Central Africa. *Biotropica* 42: 672–679.

Wright, S.J.; Hernández, A. & Condit, R. 2007. The Bushmeat Harvest Alters Seedling Banks by Favoring Lianas, Large Seeds, and Seeds Dispersed by Bats, Birds, and Wind. *Biotropica* 39(3): 363–371.

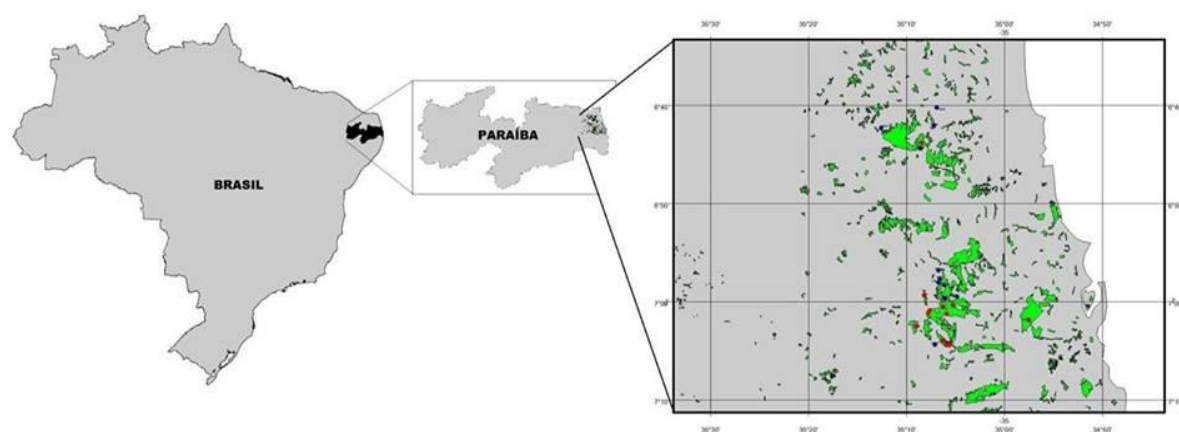
LISTA DAS FIGURAS

Figura 1: Mapa da área de estudo destacando a paisagem altamente fragmentada com pequenos fragmentos de floresta estacional semi-decidual (em verde) imersos em uma matriz de cultivo de cana-de-açúcar no estado da Paraíba, nordeste do Brasil.

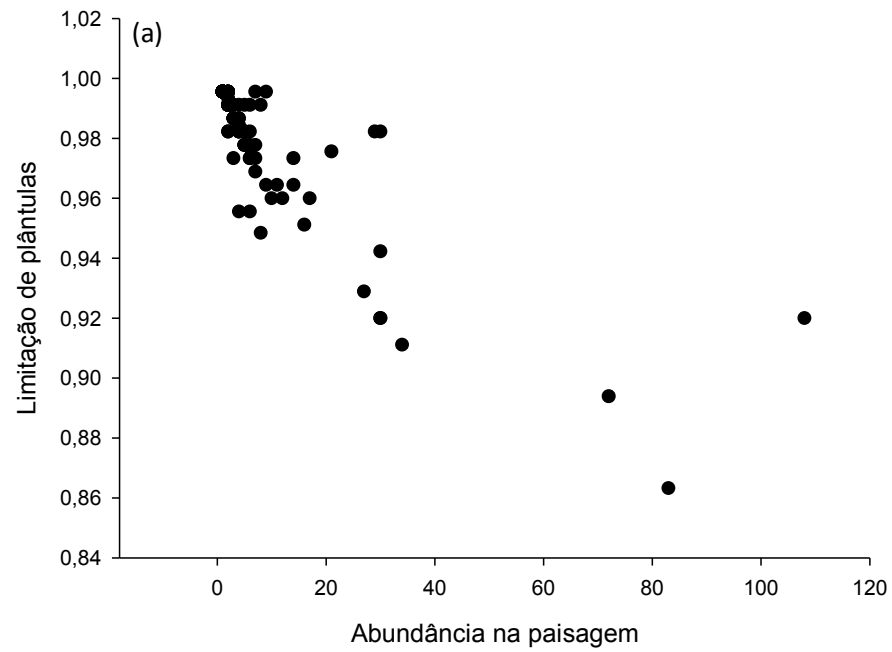


Figura 2. Limitação de plântulas das espécies arbóreas e sua abundância na paisagem da floresta atlântica do nordeste do Brasil. (0 – sem limitação de plântulas, 1 – limitação máxima).

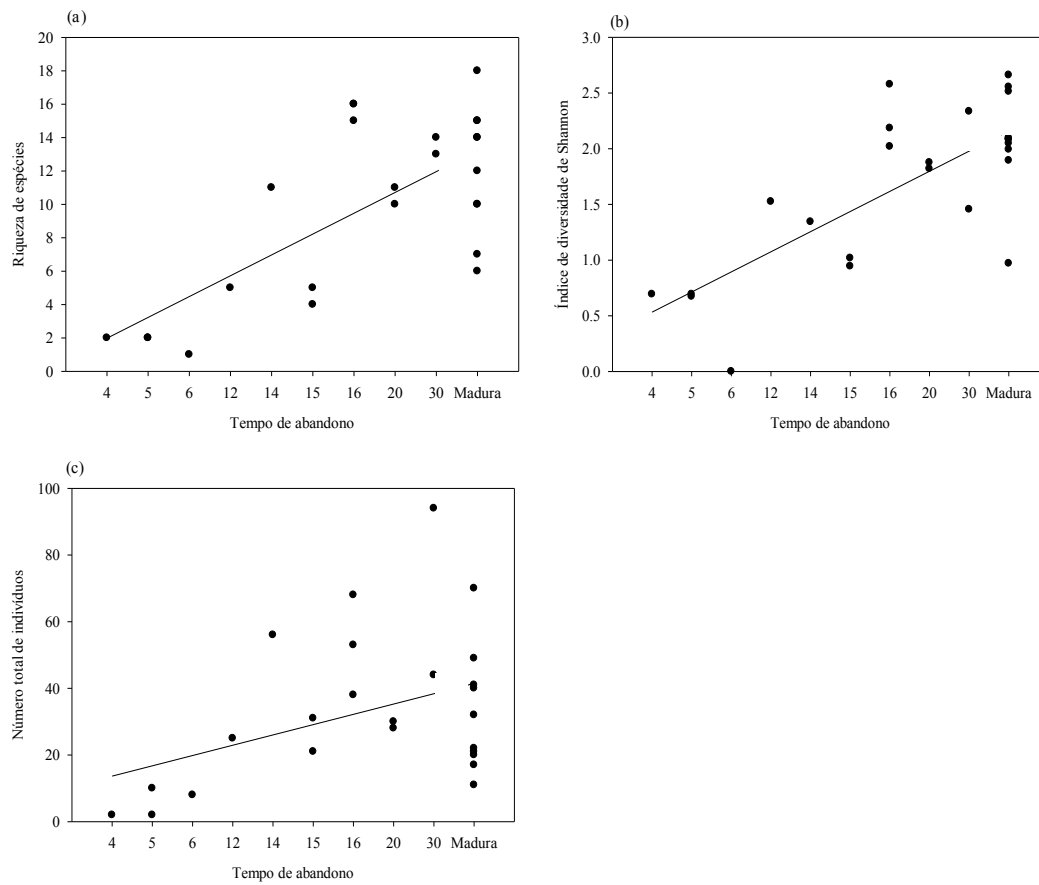


Figura 3: Parâmetros gerais da comunidade de plântulas ao longo de uma cronosequência de áreas abandonadas após cultivo de cana-de-açúcar no nordeste do Brasil. **a)** Riqueza; **b)** Diversidade e **c)** Número total de indivíduos por área estudada.

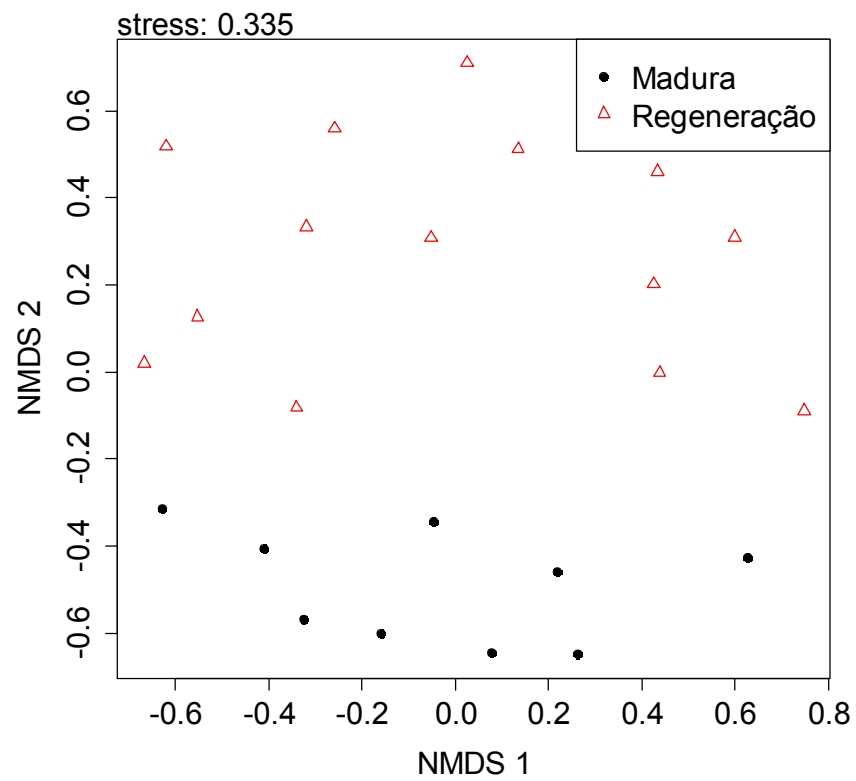


Figura 4: Ordenação de escalonamento multidimensional não-métrico feito a partir do índice de dissimilaridade de Bray-Curtis baseado na abundância das espécies em áreas em regeneração após cultivo de cana e áreas de floresta estacional semi-decidual no nordeste do Brasil.

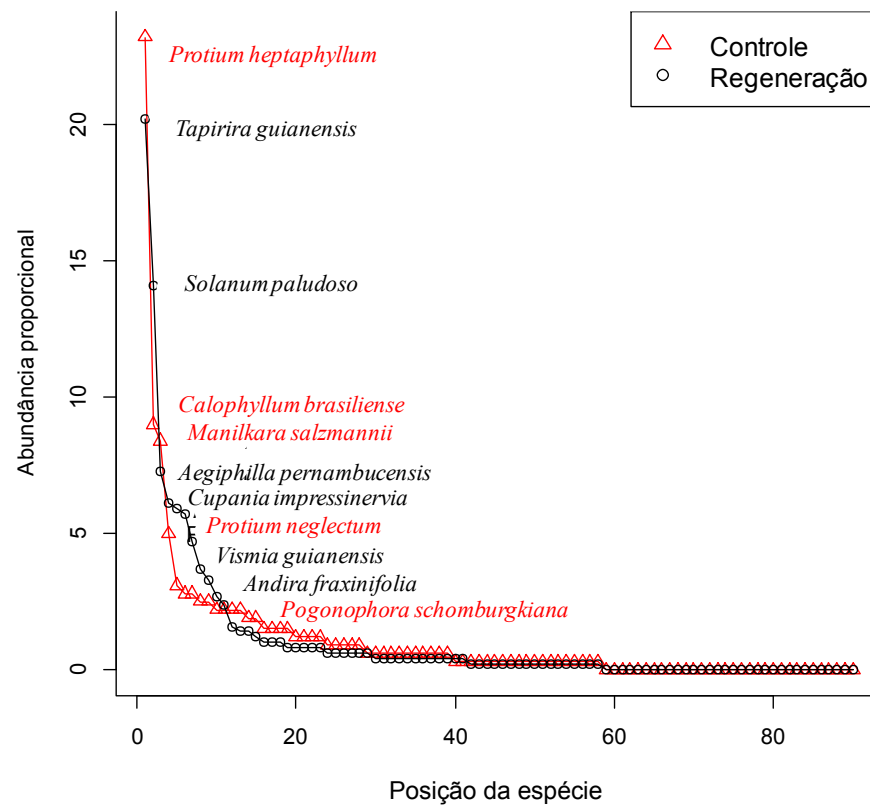


Figura 5: Rank de abundância das espécies da comunidade de plântulas nos habitats de floresta madura e áreas em regeneração numa floresta estacional semi-decidual no nordeste do Brasil. Em destaque as espécies mais representativas em cada habitat.

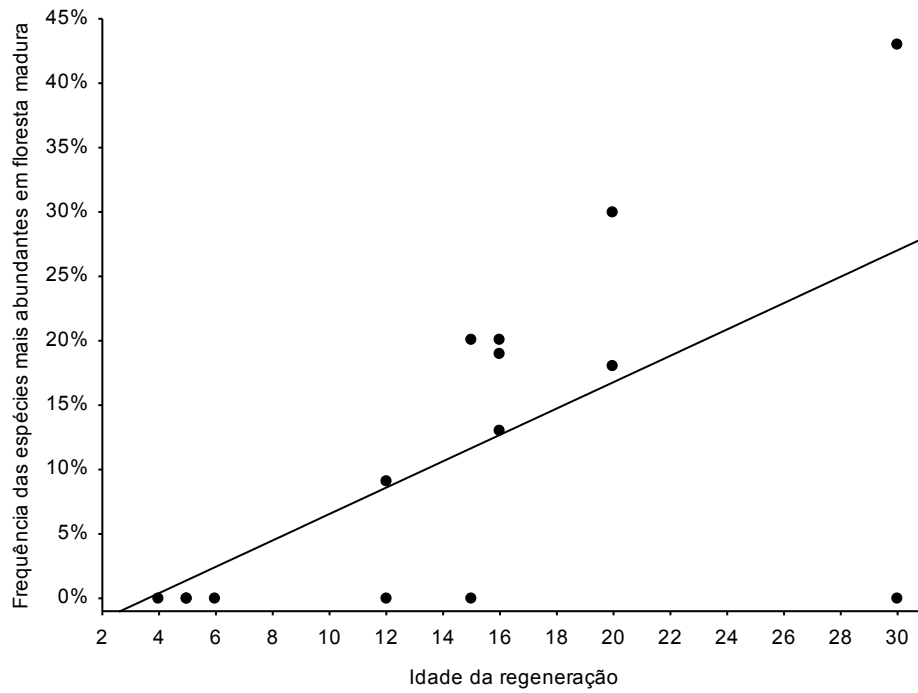


Figura 6: Frequência de ocorrência das dez espécies mais abundantes em floresta madura nas áreas em regeneração após cultivo de cana no nordeste do Brasil.

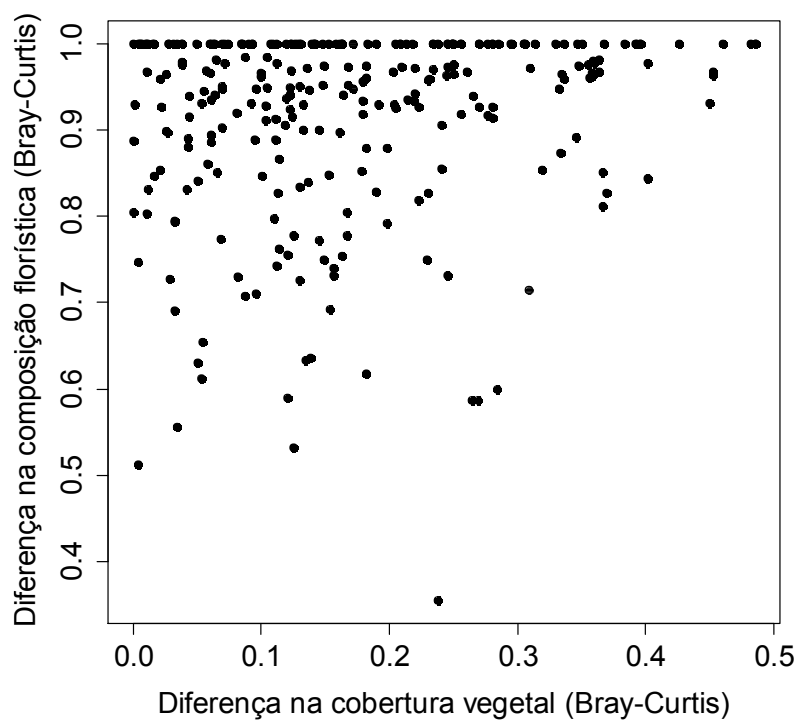


Figura 7: Ordenação de Escalonamento multi-dimensional não-métrico entre composição florística e percentual de cobertura vegetal no entorno das áreas em regeneração natural após intenso cultivo de cana no nordeste do Brasil. O NMDS foi gerado usando a matrizes de dissimilaridade de Bray-Curtis com 999 permutações.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espécies mais abundantes numa paisagem composta de áreas de floresta madura e áreas em regeneração após cultivo, seguida do habitat predominante (floresta e regeneração), tamanho das sementes (<0,6 cm de comprimento - pequenas, 0,6-1,5 cm - médias, >1,5-3,0cm – grandes) e tipo de dispersão (abiótica e por vertebrados).

Espécie	Predominância	Semente	Dispersão
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Regeneração	grande	abiótica
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Floresta	pequena	vertebrado
<i>Solanum paludoso</i> Moric.	Regeneração	pequena	abiótica
<i>Aegiphila pernambucensis</i> Moldenke	Regeneração	pequena	vertebrado
<i>Cupania impressinervia</i> Acev.-Rodr.	Regeneração	média	abiótica
<i>Himatanthus bracteatus</i> (A.DC.) Woodson	Regeneração	pequena	vertebrado
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Floresta	grande	vertebrado
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Pers.	Regeneração	pequena	vertebrado
<i>Protium neglectum</i> Swart	Floresta	grande	vertebrado
<i>Manilkara salzmannii</i> (A.DC.) H.J.Lam	Floresta	grande	abiótica
<i>Protium neglectum</i> Swart	Floresta	grande	vertebrado
<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	Regeneração	pequena	anemocoria

4. CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados obtidos por nosso estudo contribuem para a elucidação dos processos de organização de comunidades vegetais em paisagens fragmentadas e sob intenso uso agrícola ao demonstrar o papel determinante das condições do hábitat no recrutamento de um grupo não-aleatório de espécies que possuem a capacidade de dominar a paisagem em escala ampla e local.

Reafirmamos a ocorrência de homogeneização biótica sob tais condições, simplificando a flora e diminuindo a capacidade de áreas abandonadas em reter biodiversidade. Torna-se, portanto, um alerta o conhecimento de que paisagens fragmentadas aliadas ao uso intenso do solo constituem motores de mudanças significativas na estruturação de comunidades vegetais com importantes consequências para a biodiversidade e, consequentemente, para o funcionamento dos ecossistemas naturais.

Finalmente, ações efetivas de intervenção e gestão dessas paisagens se tornam cada vez mais necessárias, de modo a, mitigar esses efeitos deletérios sob a biodiversidade e sua capacidade de reter interações entre espécies e garantir a manutenção dos serviços ecossistêmicos proporcionados pelas florestas tropicais em todo um mundo.

ANEXO

INSTRUÇÕES PARA OS AUTORES: *JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE*

Scope

The *Journal of Vegetation Science* publishes papers on all aspects of plant community ecology, with particular emphasis on papers that develop new concepts or methods, test theory, identify general patterns, or that are otherwise likely to interest a broad international readership. Papers may focus on any aspect of vegetation science, e.g. community structure (including community assembly and plant functional types), biodiversity (including species richness and composition), spatial patterns (including plant geography and landscape ecology), temporal changes (including demography, community dynamics and palaeoecology) and processes (including ecophysiology), provided the focus is on increasing our understanding of plant communities. The Journal publishes papers on the ecology of a single species only if it plays a key role in structuring plant communities. Papers that apply ecological concepts, theories and methods to the vegetation management, conservation and restoration, and papers on vegetation survey should be directed to our associate journal, *Applied Vegetation Science* journal, *Applied Vegetation Science*.

Acceptance criteria

To be acceptable, a paper must be of interest to an international readership, even if its immediate scope is local. A paper can be interesting by doing one or more of several things:

- Developing new concepts in understanding vegetation
- Testing concepts applicable to all plant communities
- Adding a particularly well-executed empirical example that is part of a growing literature on a general conceptual issue
- Representing a particularly interesting combination of models, observational data and experiments
- Demonstrating a new and generally useful method
- Presenting a particularly exemplary or thorough analysis, even if the concepts and methods are not novel, and even if it be regional in scope, so long as it:
 - represents the state of the art (methods and statistics) and
 - presents a critical and definitive test for an interesting hypothesis

The questions in the paper can be addressed by many means, including description, experiments, simulations, meta-analysis, inference, extrapolation, etc. There is no limit to the nature of the approach, as long as the work is sound. As a rule of thumb, the journal would accept a paper if at

least 66% of vegetation scientists would regard it as having some interest, or at least 10% would regard it as being very interesting.

Types of papers

Research paper

This category includes description, experiment, simulation, theory, description of a new method, or any combination of those. The typical length of ordinary papers is about 8–10 printed pages- (ca 6000 words). There is no minimum or maximum length of ordinary papers, but the length should be proportional to their content. Shorter papers may be published sooner.

Synthesis

Reviews of a topic that produce new ideas / conclusions (and are not merely summaries of the literature) can be published as Syntheses.

Forum

Forum papers are essays with original ideas / speculations / well-sustained arguments, with no new data. They usually contribute to free debate of current and often controversial ideas in vegetation science. There may be criticism of papers published in Journal of Vegetation Science, or (if interesting to our readers) of papers published elsewhere. An Abstract is required, but otherwise the sectional format is flexible. The length of the Forum papers is normally 0.5–4 printed pages- (ca 2500 words). Forum papers, especially short ones, have high priority in publication.

Report

This includes items that are not scientific papers, e.g. news items, the existence of databases and technical information. Reports are typically two pages; additional material should be put in electronic appendices. A report can describe a new or much expanded computer program if this is of interest to vegetation scientists. We can also accept paid advertisements for commercial computer programs. We also carry reviews of computer programs, and authors of new programs are very welcome to submit them for review to the Software Review Editor. [Papers that, whilst mentioning a particular program, are basically descriptions of a new method, can be submitted as research papers.]

Journal's policy on criticism and errata

Manuscripts

Manuscripts must be written in English (either British or American throughout). They should be concise, because concise papers often make more impact on the reader.

Manuscript structure

Title: This should be strongly directed towards attracting the interest of potential readers.

Author names and addresses: Follow exactly the format in the most recent issue of the journal. Give e-mail addresses for all authors.

Abstract: Up to 350 words for Research or Synthesis papers (up to 200 for a Forum or Report paper). Include no references. The abstract for research papers should have named sections, normally: Question(s), Location, Methods, Results, and Conclusions. This structure can be varied when necessary, e.g. for Synthesis use whatever structure is appropriate; for theoretical papers Location is not needed; use Aim(s) instead of Question(s) for papers introducing a new method; for Forum and Report papers unstructured abstracts will be appropriate.

Keywords: There should be 8–12 keywords, separated by semicolons. Most online paper accesses come via searches with Google, Web of Science, etc., rather than by browsing the journal. A paper's hit rate may increase if title-/abstract/keywords are properly prepared. For more information see SEO for Authors.

Nomenclature: Refer to a source for unified nomenclature of plant species or vegetation units, unless there be few names and their authors are given in the text.

Abbreviations: List any that are frequently used in the text.

Running head: Shortened title.

Main text: Indicate new paragraphs by indentation. Avoid footnotes. Variation from the usual Introduction - Methods - Results - Discussion structure is acceptable when appropriate.

Acknowledgements: Keep them brief. References to research projects/funds and institutional publication numbers can go here.

Citations in the text: Use forms such as: Smith & Jones (2005) or (Smith & Jones 2005); for more than two authors: White et al. (2005); for combinations: (Smith et al. 2005 a, b; Jones 2006, 2010). Citations should be chronological by year, except where there is a list of years for the same author(s), e.g. (Zebedee 1950, 1970; Abraham 1960; Smith et al. 1965, 1974; Zebedee et al. 1969)

References section: Use the formats below. Always name all the authors for each publication and give the full name of the journals. For accepted papers copy editors may reformat references with very many authors.

Lane, D.R., Coffin, D.P. & Lauenroth, W.K. 2000. Changes in grassland canopy structure across a precipitation gradient. *Journal of Vegetation Science* 11: 359–368.

Greig-Smith, P. 1983. *Quantitative plant ecology*. 3rd ed. Blackwell, Oxford, UK.

Whittaker, R.H. 1969. Evolution of diversity in plant communities. In: Woodwell, G.M. & Smith, H.N. (eds.) *Stability and diversity in ecological systems*, pp. 178–196. Brookhaven National Laboratory, Brookhaven, NY, US.

Levin, S.A. 2001. Immune systems and ecosystems. *Conservation Ecology* 5(1): article 17. URL: <http://www.consecol.org/vol5/iss1/art17> [Ecological Society of America].

Noble, D.L. 1978. *Seedfall and establishment of Engelmann spruce and subalpine fir*. United States Department of Agriculture [report no. 575], Washington, DC, US.

Wallin, G. 1973. *Lövskogsvegetation i Sjuhäradsbygden*. Ph.D. thesis, Uppsala University, Uppsala, SE.

EndNote Reference Style File is available in our Author Services.

References to computer programs: Computer programs used should be mentioned in the Methods section, e.g. "performed by DoStats (version 6.2, StatProgs Inc., Springfield, NY, US)" or "performed by Partition (version 3.0, www.users.muohio.edu/cristto/partition.htm)". Only descriptions of computer programs in refereed journals or in books with an ISBN can be cited in the References section. References to computer programs should never substitute references to proper description

of methods performed using these programs. The methods used should be fully described in the text, in an appendix and/or by readily-available references. A reference to a computer program and to "program defaults" is not a substitute.

Unpublished material: The References section can contain only material that is published (including early online publications with a DOI) or is a thesis. Indicate all other material as "unpubl." or "pers. comm." (the latter with date and description of the type of knowledge, e.g. "local farmer"); "submitted" may be used only if the cited item is in some journal's editorial process, and the reference will have to be removed if the item has not been published (at least in early online view) by that journal by the time proofs are corrected for citing paper.

References in other languages than English

1. References in the languages that use the Latin alphabet are cited in the original language. Optionally, titles of papers, book chapters of books can be followed by an English translation in square brackets. Titles of the journals or books in the citations of book chapters are not translated. The use of translations should be consistent within each paper (e.g. for all citations in the paper, or all citations in less known languages translated and all citations in widespread languages not translated).

Examples:

Mucina, L. 1985. Používať či nepoužívať Ellenbergove indikačné hodnoty? *Biológia* 40: 511–516.

Mucina, L. 1985. Používať či nepoužívať Ellenbergove indikačné hodnoty? [To use or not to use Ellenberg's indicator values?]. *Biológia* 40: 511–516.

2. References in the Cyrillic and Greek alphabets are cited in the original language but transliterated to Latin alphabet. Optionally, titles of papers, book chapters of books can be followed by an English translation in square brackets. Titles of the journals or books in the citations of book chapters are not translated. At the end of the citation, the original language is indicated in square brackets.

Example:

Kholod, S.S. 2007. Klassifikatsiya rastitel'nosti ostrova Vrangelya. *Rastitel'nost' Rossii* 11: 3–15. [In Russian.]

Kholod, S.S. 2007. Klassifikatsiya rastitel'nosti ostrova Vrangelya [Classification of Wrangel Island vegetation]. *Rastitel'nost' Rossii* 11: 3–15. [In Russian.]

3. References in the languages that use other alphabets than Latin, Cyrillic and Greek: Titles of papers/chapters/books including book titles in the citations of chapters and also the titles of the journals are translated to English. At the end of the citation, the original language is indicated in square brackets.

Example:

Chiu, C.-A., Lin, H.-C., Liao, M.-C., Tseng, Y.-H., Ou, C.-H., Lu, K.-C. & Tzeng, H.-Y. 2008. A physiognomic classification scheme of potential vegetation of Taiwan. *Quarterly Journal of Forest Research* 30: 89–112. [In Chinese.]

Manuscript format

Number *all pages* and *all the lines*. Use a single-column format. Use scientific names of taxa, and avoid vernacular names. Units of measurement must follow the International System of Units, e.g. $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{yr}^{-1}$. The time unit for contemporary phenomena can be 's', 'min', 'hr', 'week', 'mo' or 'yr'. For palaeo-time use 'ka' or 'Ma'; make always clear whether ^{14}C years or calendar years BP (before present) are used. Dates should be in the format: 2 Sep 2010, i.e. with the month as three letters. Months on their own should be in full: September. Country abbreviations are by 2-letter code (but note UK, not GB). Use words rather than symbols where possible, especially in the Title, Abstract and Keywords, e.g. 'beta' rather than ' β '.

Numbers with units of measurement must be in digits, e.g. 3.5 g. Numbers in the text of up to ten items (i.e. integers) should be in words, e.g. "ten quadrats", "five sampling times"; above ten in digits, e.g. "11 sampling times". Use '.' for a decimal point. Thousands in large numbers (ten thousand and higher) should be indicated by a space, e.g. 10 000, but 2000. Symbols for variables and parameters should be in italics (e.g. *P*).

Tables

Numerical results should be presented as either tables or figures, but not both. Tables should be included in the manuscript text file, either embedded in the text or at the end. Table legends should be *on the same page* as the table to which they refer. The legend should contain sufficient information for the table to be understood without reference to the text of the paper. The first sentence of the legend should comprise a short title for the table. Units should appear in parentheses in the column headings, not in the body of the table. If some part of the table needs to be highlighted (e.g. groups of important species), use background shading (not framing or boldface). For large tables with many empty cells, fill the empty cells with dots to facilitate reading.

Figures

Figures in the submitted manuscript should be supplied at the size at which they are intended to be printed: either one-column or full-page width. They may optionally be embedded in the text. Figure legends should be included within the manuscript text file *on the same page* as the figure to which they refer. The legend should contain sufficient information for the figure to be understood without reference to the text of the paper. The first sentence of the legend should comprise a short title for the figure.

The definitions of symbols and lines should be given as a *visual* key on the figure itself, *not* as a word key (e.g. 'solid bars', 'open circle', 'dashed line') in the legend. Sub-graphs within one figure should be headed with a lowercase letter *and* a brief heading. Wherever space allows, full labels instead of abbreviations should be used in the figures. Scale bars should be given on microphotographs and maps.

Artwork guidelines are available at <http://authorservices.wiley.com/bauthor/illustration.asp>. The journal welcomes colour figures and plates when information would be lost if reproduced in black and white. Please note there is a charge for colour in print. When a paper is finally accepted, electronic artwork is required. See 'Accepted Papers' below.

Electronic appendices

Large figures and tables, raw data, calculation examples, computer program source, extra photographs and similar materials can be published as electronic appendices in online 'Supporting Information'. This material will not appear in the printed paper, but will be freely available in the Wiley Online Library.

All PDF files in electronic appendices should, so far as is practicable, be prepared in a similar style to the printed/PDF issues of the journal, using similar font types and sizes. A Microsoft Word template file can be found [here](#).

Each electronic appendix in PDF format should start with a reference to the original paper, followed by the appendix caption, for example:

Supporting Information to the paper Smith, W.R. Assembly rules in a tropical rain forest of central Amazonia. *Journal of Vegetation Science*. Appendix S1. A list of palm species recorded in the study area.

Written text should be in PDF, and where the reader might wish to extract text (e.g. computer program codes) also in plain text (TXT). Tables/data should be in both PDF and plain text (TXT or CSV) format. Authors are strongly encouraged (but not required) to make their primary data available in appendix tables. Figures and photographs should be in PDF format, including captions. Groups of related items (e.g. a set of figures, or of photographs) can be included in a single appendix. A detailed caption should appear in each appendix.

A list of all appendices with shortened captions should be provided at the end of the paper (after the References section), e.g. "Appendix 2. Photographs of the main types of deciduous forest in the study area-".

So long as text, tables, data, figures and photographs are given in the above formats, other files in any format may be given, e.g. videos, executable programs, functional spreadsheets. Each such file should have a corresponding PDF Appendix describing the file, its format and contents e.g.:

Appendix S3. Description of the video in Appendix S4, pollination.

Appendix S4. Video of bee *Apis mellifera* pollinating *Bellis perennis* (WMV format), described in Appendix S3.

There should be a reference to the electronic appendices in the main text of the paper, e.g.: (Appendix S4, described in Appendix S3).

Electronic appendices should be submitted for review with the first version of the manuscript, but uploaded as a separate file and designated as 'Appendix for Online Publication Only'. They should not be included as additional pages within the main document.

Submissions

Technical checklist before manuscript submission

Before submitting your paper, please, check whether your manuscript meets the following requirements:

Topic: Is suitable for *Journal of Vegetation Science*. It deals with plant communities or multispecies plant assemblages (not with single species); is of interest to international community of vegetation scientists.

Title: Is concise and attractive, catches the reader's attention with topical issues or an interesting hypothesis.

Abstract: Does not exceed to 350 words (fewer for a Forum or Report paper); does not contain references; is divided into named sections (except for a Forum or Report).

Author list: Follows the current format of the journal, e.g.:

John B. Bush, George Smith & E. Fred Coxon

Bush, J. B. (Corresponding author, jb_bush@lmu.ac.uk) & Coxon, E. F. (g_smith@lmu.ac.uk;

www.herbicide.co.uk/efcoxon): Ecology Department, Little Marsh University, 11 Main St., Little Marsh, Berkshire, UK.

Smith, G. (doughnut@herbicide.co.uk) & Coxon, E. F.: Botany Department, Herbicide Manufacturers, P. O. Box 2002, Southend-on-Sea, UK

E-mails given for all authors.

Keywords: Follow the journal format, e.g. *Abies* forest; Balkans; Community structure; Deer; Invasive species; Neutral model; Species richness; Zonation.

Nomenclature source and Abbreviations: Are given if relevant.

Logical structure: The Introduction states what topics will be addressed, and those topics are addressed by the Methods, Results and Discussion.

Introduction: Explains why the topic is important or interesting; briefly provides the broader context of the current study; ends with questions, hypotheses or a clear statement of the paper's aims.

Results: The claims in the Results section text match what is in the figures and tables.

Table and Figure captions: Understandable without reading the text. On the same page as the table or figure.

Tables: Concise, with row and column labels as self-explanatory as possible; contain no vertical lines.

Figures: Not too many of them, and compact; supplied in the size they will be printed, with all details readable at this size; contain no unnecessary lines (e.g. across a graph, or frames around the graph; to the top and right of a graph); lines and symbols explained in direct language, e.g. * = Litter removed (*not*: * = LRT or * = Treatment LR or * = Treatment 3); symbol key in the figure itself, not a word key ('dashed line', 'open circles') in the caption.

Electronic appendices: All appendices (except mathematical ones), large figures & tables, extra photographs and raw data, go here. Format of PDF files prepared in a similar style to the printed/PDF issues of the journal using the journal's appendix template.

Manuscripts should be submitted at <http://mc.manuscriptcentral.com/jvsci>, as Word document (.doc or .docx) or RTF (.rtf), preferably with all tables and figures embedded in a single file. On submission, your paper will be considered by a Chief Editor who will make an initial decision whether to progress your paper. If so, one of the Associate Editors will be selected as Co-ordinating Editor to consider the submitted manuscript further, invite referees if appropriate, and make final decision on acceptance. If your paper is not assigned to a Co-ordinating Editor, you will be advised by email, usually within five days of submission.

In the cover letter please explain briefly why your paper is especially suitable for the *Journal of Vegetation Science*, e.g. whether it relates to the topics regularly published by the journal.

Conflict of Interest

All authors are required to disclose potential sources of conflict of interest upon submission.

Accepted Papers

If a paper is eventually accepted, there are several technical and presentation issues that will need to be checked. Authors can check these when they receive the Co-ordinating Editor's response and make necessary modifications (the Co-ordinating Editor and Chief Editors may give directions on such issues). After that, the paper will be passed via the Editorial Office to the Production Editors. If only minor technical issues remain, the Production Editors may make the changes themselves, perhaps checking with the author first, or asking by a note on the proofs to check the changes. For major changes (e.g. if there are many language problems), the Production Editors will be unable to correct papers for authors, and authors will be given the choice of doing this work themselves, even at this late stage, or having it done at cost. Exceptions to these charges can be made only for ecologists from the developing world. It is quite possible that none of this will apply to a particular paper, but we warn all authors at the submission stage just in case it turns out that it does. Once a paper has been accepted, it will be forwarded to the publisher for production to commence.

On acceptance, authors will be required to upload their manuscript as one text file and additional high resolution graphics files. The preferred formats are .EPS for vector graphics (e.g. line artwork) and .TIFF for half-tone figures. TIFF files should be supplied at a minimum resolution of 300 dpi (dots per inch) at the final size at which they are to appear in the journal.

If authors cannot cover the printing costs of colour figures, we can, without charge, reproduce them in colour in the online version of the paper but in black-and-white in the printed version. Financial support may be available to authors from developing countries who have figures for which colour is essential. For possible financial support contact the Editorial Office.

Graphical abstracts on tables of contents

The journal's online table of contents includes a summary of what is exciting about the paper in not more than 60 words. It is accompanied by a small, approximately square, image (a photograph, a graph or part of a graph) relevant to the paper. It can be from the paper itself, or related to it. Please ensure that the figure will make sense thumbnail-size, i.e. either with an interesting overall pattern or else a simple graph with large axis lettering. Graphical abstracts will be requested by the Editorial Office if your paper is accepted for publication.

Cover images

Electronic artwork/original photographs of high quality suitable for the cover are welcome. Potential cover images should be submitted to the Editorial Office. Images should be accompanied by a caption and include the name of the photographer or artist. Images should be related to accepted papers. Photographs submitted as cover images can be identical with those submitted for online

Supporting Information. For each photograph, the author should make clear whether it is submitted for online Supporting Information, journal cover, or both. Contributors are required to assign copyright of photographs to the International Association for Vegetation Science by UK law.

Full upload instructions and support are available online from the submission site via the 'Get Help Now' button. Please submit covering letters or comments to the editor when prompted online. In case of any problems with submission please send queries to Please send any general submission queries to jvsci@editorialoffice.co.uk.

Page charges and subscriptions

There are no page charges except for colour figures. However, please consider taking a subscription to *Journal of Vegetation Science* and/or *Applied Vegetation Science*: they carry important papers in your field. Subscriptions help us to avoid charges. The personal subscription rates are very reasonable and include membership of International Association for Vegetation Science (IAVS). For those in the developing world, assistance may be available through the IAVS: contact the Secretary (Secretary@iavs.org).

If a paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an e-mail prompting her/him to login into Author Services, where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) she/he will be able to complete the license agreement on behalf of all co-authors.

For authors signing the copyright transfer agreement

If the OnlineOpen option is not selected the corresponding author will be presented with the copyright transfer agreement (CTA) to sign. The terms and conditions of the CTA can be previewed in the samples associated with the Copyright FAQs below:

CTA Terms and Conditions http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp