

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

**Densidade e composição do banco de sementes do solo  
em uma floresta de Restinga após perturbação por fogo:  
implicações para a restauração**

**RECIFE, 2016**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

Angélica Cândida Ferreira

**Densidade e composição do banco de sementes do solo em uma floresta de Restinga após perturbação por fogo: implicações para a restauração**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica-UFRPE, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Botânica.

**Orientadora:** Dr<sup>a</sup>. Carmen Silvia Zickel

**Coorientador:** Dr. Kleber Andrade da Silva

**RECIFE, 2016**

ANGÉLICA CÂNDIDA FERREIRA

Densidade e composição do banco de sementes do solo em uma floresta de Restinga após perturbação por fogo: implicações para a restauração

Dissertação defendida em: 29.02.2016

**Banca Examinadora:**

**Orientadora:** \_\_\_\_\_

Dr.<sup>a</sup>. Carmen Silvia Zickel – UFRPE

**Examinadores:**

\_\_\_\_\_  
Dr.<sup>a</sup>. Elba Maria Nogueira Ferraz – IFPE (Titular)

\_\_\_\_\_  
Dr. Eduardo Bezerra de Almeida Junior – UFMA (Titular)

\_\_\_\_\_  
Dr.<sup>a</sup>. Danielle Melo dos Santos – UFRPE (Titular)

\_\_\_\_\_  
Dr.<sup>a</sup>. Josiene Maria Falcão Fraga dos Santos – UFRPE (Suplente)

**RECIFE, 2016**

A ti eu vou clamar  
Pois tudo vem de ti  
E tudo está em ti

Por ti vou caminhar  
Tu és a direção  
O sol a me guiar

Tudo pode passar  
Teu amor jamais me deixará  
Sempre há de existir  
Novo amanhã preparado pra mim  
Preparado pra mim

A ti eu vou clamar  
Pois tudo vem de ti  
E tudo está em ti

Por ti vou caminhar  
Tu és a direção  
O sol a me guiar

Tudo pode passar  
Teu amor jamais me deixará  
Sempre há de existir  
Novo amanhã preparado pra mim  
Preparado pra mim  
Preparado pra mim

Eu me rendo aos teus pés  
És tudo que eu preciso pra viver  
Eu me lanço aos teus braços  
Onde encontro meu refúgio

Eu me rendo aos teus pés  
És tudo que eu preciso pra viver  
Eu me lanço aos teus braços  
Onde encontro meu refúgio  
Jesus, eis-me aqui  
Jesus, eis-me aqui

**Eu me rendo**  
**Renascer Praise**

## Dedicatória

A Deus, que tem sido sempre fiel em minha vida, a minha família, especialmente aos meus pais Antonio Cândido Ribeiro e Rosilda Ferreira Ramos Ribeiro e a minha irmã Natália Ferreira Ribeiro que sempre se dedicaram em me mostrar o melhor caminho a seguir. Obrigada por essa oportunidade de vida.

*Dedico*

## **Agradecimentos**

A Deus, por estar comigo em todos os momentos da minha vida, sempre estendendo as suas poderosas mãos para me ajudar a seguir em frente durante os momentos de dificuldade. Grandes coisas têm feito o Senhor por mim!

À minha orientadora, Profa. Dra. Carmen Silvia Zickel, pela tão importante oportunidade que me deu desde a época da minha graduação. Sou muito grata por todo incentivo, confiança, respeito, amizade e ensinamentos durante todos esses anos. Muito obrigada Carmen.

Ao meu coorientador, Dr. Kleber Andrade da Silva, por todos os ensinamentos que contribuíram para a realização deste trabalho, pela paciência, dedicação e por sempre estar disposto para ajudar nesse trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo concedida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB), desta instituição pela oportunidade de obtenção do título de Mestre e por possibilitar toda a infraestrutura necessária à realização deste trabalho. A todos os funcionários do programa, em especial, a Kênia Freitas e Manassés Araújo por toda gentileza, respeito e disponibilidade em nos ajudar. Também agradeço aos nossos coordenadores Dr. Reginaldo de Carvalho e Profa. Dr<sup>a</sup>. Carmen Silvia Zickel, por todo empenho e dedicação no desenvolvimento de todas as atividades desta pós-graduação, além de todo respeito e disponibilidade em nos ajudar.

Ao herbário Professor Vasconcelos Sobrinho (PEUFR), desta instituição por permitir o acesso a sua coleção durante o período de identificação das plantas.

Aos docentes do PPGB por todos os ensinamentos que contribuíram para minha formação profissional durante todo o curso de mestrado acadêmico, ampliando as janelas do conhecimento.

Aos membros da banca Dr<sup>a</sup>. Elba Maria Nogueira Ferraz, Dr. Eduardo Bezerra de Almeida Junior, Dr<sup>a</sup>. Danielle Melo dos Santos e Dr<sup>a</sup>. Josiene Maria Falcão Fraga dos Santos, pelas importantes contribuições, sugestões e críticas dadas a este trabalho.

Agradeço especialmente à minha família, meus pais Antonio Cândido Ribeiro e Rosilda Ferreira Ramos Ribeiro por sempre estarem do meu lado, comemorando nos momentos felizes e me dando abrigo nos momentos mais difíceis. Obrigada pelo respeito, compreensão, amor e carinho que sempre fizeram parte da minha vida. Deus seja louvado pela vida de todos vocês!

À minha querida e amada irmã Natália Ferreira Ribeiro, serei sempre grata por todo o amor, compreensão e lealdade. Você e o Lucas me deram a alegria de receber dois dos presentes mais lindos da minha vida: Antonio Amorim e Luiza Amorim, sobrinhos que tanto amo. Muito obrigada por tudo minha irmã, te amo.

Agradeço também as minhas queridas tias Irailde Ramos, Risalva Ramos, Romércia Ramos e Rosane Ramos por todo amor e incentivo durante a minha formação acadêmica.

Aos companheiros e amigos Laflecanos por terem dividido comigo momentos felizes e por todo apoio e incentivo: Eduardo Almeida, Carmen Zickel, Edson Moura, Henrique Morais, Liliane Lima, Luciana Maranhão, Marcelino Simplício, Maria Claudjane, Patrícia Lima, Raydrich Rocha, Renata Lima, Simone Lira e Tássia Pinheiro.

Em especial a Liliane Lima, Renata Lima e Tássia Pinheiro por sempre estarem me incentivando e dispostas a ajudar independente do momento solicitado. Muito obrigada por tudo, minhas queridas!

A todos os amigos da minha turma do mestrado, em especial à Allane Morais, Joana Alcantara, Leonardo Chaves e Temotéo Silva por todas as conversas e trocas de conhecimentos. Aos amigos da botânica por todos os momentos de descontração, por todas as dicas e trocas de conhecimentos.

Aos meus queridos amigos da graduação: Renata Carla, Esther Gomes, Bruno Veloso, Laís Nerys, Rodrigo Ribeiro e Cândida César, mesmo distantes, agradeço a vocês por toda amizade e companheirismo compartilhados durante e depois da nossa graduação. Vocês foram essenciais.

Aos meus amigos desde sempre, Adelmo Monte, Alexandra Almeida, Carla Patrícia, Eudysland Silva, Francielle Darliane, Simone Jorge, Rosilane Freitas e Welman Kássia por todo amor, amizade, compreensão, carinho e confiança em todos os momentos.

Agradeço a todos que participaram e contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho. Agradecida!

## Sumário

<b>Lista de tabelas e figuras</b> .....	ix
<b>Resumo geral</b> .....	xi
<b>Abstract</b> .....	xiii
<b>Introdução</b> .....	14
<b>Revisão de Literatura</b> .....	16
<i>Características e dinâmica do banco de sementes do solo</i> .....	16
<i>Contribuição do banco de sementes do solo para a regeneração florestal após perturbações antrópicas</i> .....	20
<i>Conhecimento atual sobre o banco de sementes do solo em florestas de restinga</i> .....	24
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	27
<b>Manuscrito: Um evento de fogo altera a dinâmica do banco de sementes do solo?</b> .....	35
Resumo.....	36
1. Introdução.....	37
2. Material e Métodos.....	39
2.1. Área de estudo.....	39
2.2. Locais de amostragem.....	41
2.3. Análise estatística.....	42
3. Resultados.....	43
3.1. Composição florística e riqueza de espécies.....	43
3.2. Densidade de sementes.....	46
4. Discussão.....	46
4.1. Efeito do fogo sobre o banco de sementes do solo.....	46
4.2. Efeito da variação temporal sobre o banco de sementes do solo.....	50
Referências.....	53
Anexo: Normas para publicação no periódico Forest Ecology and Management.....	68



## Lista de tabelas e figuras

### Manuscrito

- Tabela 1.** Lista de espécies e densidade de sementes do banco do solo na área incendiada (IN) e na área não incendiada (NIN) na restinga de Maracaípe. O grupo de regeneração (GR) e as síndromes de dispersão (SD) para as espécies arbustivo-arbóreas são designados como segue: P = pioneiras; SI = secundárias iniciais; A = anemocoria; Z = zoocoria. Número de indivíduos por espécie encontrada em cada área, no período seco (NIS) e no período chuvoso (NIC) em anos consecutivos (I e II)..... 57
- Tabela 2.** Análise GLM (Modelo Linear Generalizado) mostrando o efeito da estação climática, do ano, das distintas condições ambientais (área incendiada e área não incendiada) e suas interações sobre a densidade e riqueza do banco de sementes do solo em uma floresta de restinga no Nordeste brasileiro. Valores de P em negrito denotam diferença significativa (GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = teste de Fisher; P = significância)..... 62
- Fig. 1.** Precipitação mensal e total de precipitação durante a estação seca e chuvosa durante dois anos. Setas com linhas cheias indicam as amostras coletas nas estações secas e setas com linhas tracejadas indicam amostras coletadas nas estações chuvosas. Dados fornecidos pela estação meteorológica de Ipojuca, Pernambuco, Brasil. 63
- Fig. 2.** Ordenação multidimensional não métrica (NMDS) ilustrando a composição florística resultante das sementes germinadas a partir do banco de sementes do solo em áreas de floresta de Restinga incendiada (triângulos) e não incendiada (círculos), durante dois anos, com base na riqueza de espécies por área. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas..... 64
- Fig. 3.** Ordenação multidimensional não métrica (NMDS) ilustrando a composição florística resultante das sementes germinadas a partir do banco de sementes do solo entre o ano 1 (triângulos) e o ano 2 (círculos), em áreas de floresta de Restinga incendiada e não incendiada. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies por área. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando os dois anos de estudo..... 65
- Fig. 4.** Ordenação multidimensional não métrica (NMDS) ilustrando a composição florística resultante das sementes germinadas a partir do banco de sementes do solo entre estações climáticas chuvosas (triângulos) e secas (círculos), em áreas de floresta de Restinga incendiada e não incendiada durante dois anos consecutivos. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies por área. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando apenas as estações climáticas..... 66
- Fig. 5.** Variação sazonal na riqueza média (número de espécies/parcela de 20x20cm) e densidade média de sementes (sementes/parcela de 20x20cm) na área de floresta de 67

Restinga que foi incendiada e na área que não foi incendiada, no Nordeste do Brasil, durante dois anos consecutivos. Letras diferentes entre estações climáticas (seca e chuvosa) de cada área (incendiada e não incendiada) e entre áreas em cada estação denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95%.....

## Resumo geral

O banco de sementes do solo é uma das mais importantes fontes de regeneração natural em ecossistemas florestais tropicais alterados por eventos naturais ou antrópicos. Portanto, a análise da influência de variações espaciais e temporais sobre a composição florística, riqueza de espécies e densidade de sementes encontradas nesse sistema permite inferir sobre o potencial regenerativo de uma determinada área. Diante disso, este estudo avaliou a dinâmica do banco de sementes do solo após a ocorrência de um incêndio de superfície que atingiu parte da floresta de Restinga inserida na Reserva Particular do Patrimônio Natural – Nossa Senhora do Outeiro de Maracaípe, localizada no município de Ipojuca, Pernambuco, Brasil. O incêndio persistiu por dois dias e ocorreu em fevereiro de 2013, época em que foram realizadas as primeiras coletas tanto na fisionomia florestal incendiada quanto na fisionomia florestal não incendiada. Em cada trecho de floresta (incendiada e não incendiada), foram coletadas 50 amostras de solo utilizando-se um coletor de 20 x 20 cm, a 5 cm de profundidade ao longo de 5 transectos de 90 m. A amostragem compreendeu os períodos seco e chuvoso correspondentes a dois anos consecutivos. As amostras de solo coletadas foram armazenadas em sacos de polietileno, etiquetadas e transportadas para a casa de vegetação, onde foram acondicionadas em bandejas de isopor, sendo monitoradas e irrigadas diariamente por um período de seis meses. A determinação da densidade de sementes no banco seminal do solo foi realizada pelo método de emergência de plântulas. A influência do fogo e dos períodos sazonais sobre a riqueza de espécies e densidade de sementes, entre as áreas e entre os anos, foi verificada através do GLM e para verificar se existiam diferenças nos valores médios de riqueza e densidade, foi aplicado o teste de Tukey *a posteriori* (5%). Para comparar a composição florística do banco de sementes entre as áreas e períodos sazonais foi realizado um NMDS e a similaridade entre as amostras foi verificada através do teste ANOSIM. Após dois anos de pesquisa, foram registrados 1.521 indivíduos nas amostras da área não incendiada, distribuídos em 32 famílias, 41 gêneros e 61 espécies. Na área incendiada a densidade total foi de 1.133 indivíduos, distribuídos em 20 famílias, 28 gêneros e 38 espécies. A composição florística entre as áreas foi significativamente diferente, mas o oposto se verificou para a densidade de sementes. Na área não incendiada houve variação sazonal na composição florística, mas entre anos a composição florística foi semelhante. Já na área incendiada não houve variação sazonal na composição florística, mas entre anos, a composição florística foi diferente. Considerando os anos de estudo e as distintas condições ambientais avaliadas, a riqueza média de espécies foi maior na área não incendiada durante estação seca do ano I. Houve predominância de espécies herbáceas em ambos os bancos, com destaque para a herbácea *Paepalanthus bifidus* (Schrad. Ex Schult.), e dentre as arbóreas, destacou-se a pioneira *Cecropia polystachya* Trécul. Essas espécies representaram 47% da densidade total de sementes germinadas. As espécies arbóreas foram mais representativas na floresta não incendiada. Entretanto, a riqueza de espécies lenhosas encontrada na floresta incendiada aumentou com o período decorrido desde o incêndio. Com relação às síndromes de dispersão e grupos de regeneração, houve predominância da síndrome zoocórica (67,5%) e de espécies de sucessão precoce (57,1%). A perturbação foi de baixa intensidade e atingiu a vegetação da superfície, removendo parcialmente a cobertura vegetal. Além disso, a proximidade de vegetação conservada no entorno da área florestal incendiada provavelmente favoreceu a dispersão de sementes, levando a um incremento do banco de sementes encontrado no solo logo após uma perturbação de pequena escala. Assim, os dados obtidos permitem concluir que, apesar da floresta de Restinga ter sofrido perturbação por fogo, o banco de sementes do solo encontrado nas distintas condições

ambientais avaliadas, continua representando uma importante fonte de propágulos para a regeneração natural desse ecossistema, pois contém espécies que tem um impacto potencialmente positivo sobre a real flora encontrada na floresta.

**Palavras-chave:** Banco de sementes, floresta tropical, germinação pós-fogo

## Abstract

The soil seed bank is one of the most important sources of natural regeneration in tropical forest ecosystems altered by natural or anthropogenic events. Therefore, the analysis of the influence of spatial and temporal variations on the floristic composition, species richness and seed density found in this system allows inferences about the regenerative potential of a given area. Thus, this study evaluated the dynamics of the soil seed bank after the occurrence of a surface fire that hit part of the Restinga forest inserted in the Private Natural Heritage Reserve Nossa Senhora do Outeiro de Maracáípe, located in Ipojuca, Pernambuco, Brazil. The fire persisted for two days and took place in February 2013, the time they were made the first collections both in burned forest physiognomy and in the forest physiognomy not burned. In each stretch of forest (burned and not burned) were collected 50 soil samples using a collector 20 x 20 cm, 5 cm deep over five transects 90 m. The sample comprised the dry and rainy periods corresponding to two consecutive years. The collected soil samples were stored in polyethylene bags, labeled and transported to the greenhouse, where they were packed in polystyrene trays, which are monitored and watered daily for a period of six months. The determination of the density of seeds in the seminal soil bank was performed by the method seedling emergence. The influence of fire and seasonal periods on the richness of species and seed density, between areas and between years, was checked by the GLM and to see if there were differences in mean values of richness and density, the Tukey test was applied to posteriori (5%). To compare the floristic composition of the seed bank between areas and seasons was carried out NMDS and the similarity between the samples was verified by the ANOSIM test. After two years of research, there were 1.521 individuals in the samples from the area not burned, distributed in 32 families, 41 genera and 61 species. In the area burned down the overall density of 1.133 individuals belonging to 20 families, 28 genera and 38 species. The floristic composition between areas was significantly different, but the opposite was found for seed density. In the area not burned there was seasonal variation in species composition, but between years the floristic composition was similar. In the burned area there was no seasonal variation in species composition, but between years, the floristic composition was different. Considering the years of study and evaluated the different environmental conditions, the average species richness was higher in the not burned during dry season I. There was a predominance of herbaceous species on both banks, particularly the herbaceous *Paepalanthus bifidus* (Schrad. Ex Schult.), and among the tree, stood out the pioneer *Cecropia polystachya* Trécul, these species represented 47% of the total density germinated seeds. Tree species were most significant in the forest not burned. However, the richness of woody species found in burned forest increased over the period since the fire. With respect to the dispersion and regeneration groups syndromes, there was a predominance of zoochoric syndrome (67.5%) and early succession species (57.1%). The disturbance was of low intensity and hit the surface vegetation, partially removing the vegetation. In addition, the proximity of vegetation preserved surrounding the burned forest area probably favored seed dispersal, leading to an increase in the seed bank in the soil found after a small-scale disturbance. Thus, the data obtained indicate that despite the Restinga forest have been disturbed by fire, the soil seed bank found in the different evaluated environmental conditions, continues to represent an important source of seeds for natural regeneration of this ecosystem because it contains species which has a potentially positive impact on the real flora found in the forest.

**Key Words:** Seed banks, tropical forest, post-fire germination

## 1. Introdução

O banco de sementes do solo é constituído pelo estoque de sementes não germinadas viáveis depositadas na superfície ou no interior do solo, desempenhando um papel determinante para a regeneração de florestas tropicais (SIMPSON et al., 1989; FISHER et al., 2009). Este mecanismo de regeneração natural fornece uma memória sobre a vegetação passada e representa a estrutura de populações futuras, favorecendo a manutenção de comunidades vegetais (MARTINS et al., 2008).

O estoque de sementes no solo é dinâmico, pois é influenciado pela variação no balanço de entrada e saída de sementes (NÓBREGA et al., 2009). Esta variação vai determinar o número de sementes e espécies que estão presentes no banco do solo, bem como a composição florística (DOUH et al., 2014). Além disso, o balanço de sementes também pode ser influenciado pela heterogeneidade espaço-temporal dos ambientes (CAMARGOS et al., 2013; LEAL-FILHO et al., 2013). No espaço, tais variações estão associadas aos diferentes tipos de microhabitats e profundidades do solo (ARAÚJO et al., 2001; SANTOS et al., 2010; VINHA et al., 2011) e, no tempo o banco de sementes pode apresentar variações em resposta às diferentes estações climáticas ou entre anos com diferentes quantitativos de precipitação (CECCON et al., 2006; SOUZA et al., 2010).

Informações sobre diversos aspectos do banco de sementes do solo têm sido acumuladas para diferentes tipos vegetacionais em todo o mundo (LECK et al., 1989), incluindo as comunidades de plantas tropicais. Tais estudos têm sido amplamente utilizados para avaliar o potencial de contribuição do banco de sementes do solo durante a regeneração de florestas tropicais secundárias submetidas a diferentes tipos de perturbações antrópicas, assim como em consequência de distúrbios naturais (KALAMEES E ZOBEL, 2002; TEFAYE et al., 2004; FISHER et al., 2009; SILVA et al., 2012; GUNARATNE et al., 2014).

Nas florestas tropicais, o banco de sementes do solo auxilia no estabelecimento de populações, de grupos ecológicos e, conseqüentemente contribui para a manutenção da diversidade de espécies, inclusive durante a regeneração após perturbações antrópicas, como incêndios ou a derrubada da floresta (TEFAYE et al., 2004; MASSOCA et al., 2012). Entretanto, o potencial regenerativo da vegetação a partir do banco de sementes do solo pode ser substancialmente comprometido considerando a intensidade, duração e frequência do distúrbio e/ou perturbação (KENNARD et al., 2002; CHAZDON, 2003; MARTINS E ENGEL, 2007).

Um dos principais fatores de degradação das florestas tropicais são os incêndios (XAUD et al., 2013). Eles podem alterar significativamente a dinâmica florestal através da remoção da cobertura vegetal e perturbação do solo (CHAZDON et al., 2012; XAUD et al., 2013). Diante disso, vários estudos avaliaram os efeitos de incêndios sobre o banco de sementes do solo em florestas secundárias nos neotrópicos (MILLER, 1999; BAIDER et al., 2001; HOOPER et al., 2004; MELO et al. 2007; BURLEY et al., 2008; CAMARGOS et al., 2013; ANDRADE e MIRANDA, 2014). Os resultados desses estudos mostraram que bancos de sementes afetados pelo fogo apresentam reduções consideráveis na densidade de sementes e riqueza de espécies, sendo constituídos, inicialmente, por maiores proporções de sementes de espécies herbáceas e arbustivas ruderais em relação às espécies arbóreas florestais. Além disso, o desmatamento reduz e distancia as fontes de floresta conservada, retardando e limitando a chegada de novas sementes, via dispersão, em ecossistemas que sofreram algum tipo de perturbação (BURLEY et al., 2008; LEES e PERES, 2009).

Para as restingas brasileiras, os trabalhos sobre a dinâmica do banco de sementes do solo têm registrado baixos valores de densidade de sementes e riqueza de espécies quando comparados com outros ecossistemas tropicais, mesmo em áreas sem histórico recente de perturbação (GUEDES et al., 2005; SOUZA et al., 2010; PINHEIRO, 2013; BRAZ et al., 2014). De modo geral, os mesmos apontam que nem sempre são observadas diferenças na densidade de sementes e na riqueza de espécies presentes no banco do solo em relação aos diferentes períodos sazonais, entretanto, as variações espaciais são fortemente relacionadas às diferentes fisionomias encontradas nesse ecossistema (GUEDES et al., 2005; PINHEIRO, 2013; BARBÉRIO et al., 2014).

Embora a restinga seja considerada um dos ecossistemas costeiros mais negativamente impactados em razão de perturbações antrópicas, incluindo os incêndios florestais, (ARAÚJO e PEIXOTO, 1977; SANTOS-FILHO, 2010), tais práticas ainda continuam evidentes pela recorrência das perturbações oriundas dessas atividades. Neste contexto, o efeito do fogo sobre o banco de sementes do solo pode prejudicar o potencial de regeneração natural desse ambiente, uma vez que trata-se de um ecossistema que não se desenvolveu sob a pressão seletiva do fogo (COCHRANE e SCHULZE, 1977).

Desta forma, o conhecimento da dinâmica do banco de sementes do solo em resposta a perturbações antrópicas, favorece a implantação de estratégias que podem acelerar a recuperação da vegetação de restinga após perturbações. No presente trabalho, avaliamos se existem variações intra e interanuais na dinâmica do banco de sementes do

solo em decorrência de um incêndio de superfície que atingiu um fragmento florestal de restinga no Nordeste do Brasil, comparativamente à área florestal não comprometida pelo fogo, com intuito de responder as seguintes questões: 1. A riqueza de espécies e a densidade de germinantes diferem entre a área florestal (incendiada e não incendiada) e entre os períodos sazonais (seco e chuvoso), em anos consecutivos? 2. A área apresenta diferenças na composição florística? 3. O fogo e a sazonalidade influenciam a riqueza de espécies e densidade de sementes presentes no solo entre os anos? e 4. Qual a contribuição do banco de sementes pós-fogo para o potencial de regeneração natural da floresta?

## **2. Revisão de Literatura**

### *Características e dinâmica do banco de sementes do solo*

Por definição, o banco de sementes do solo consiste no conjunto de todas as sementes viáveis depositadas no solo ou associadas à serrapilheira, constituindo uma das fontes de regeneração determinante para o sucesso da recomposição vegetal durante o processo de colonização inicial do ambiente (BAIDER et al., 2001; LECK e SCHUTZ, 2005).

Com base na longevidade e período de permanência das sementes no solo, o banco de sementes pode ser dividido em dois tipos: o transitório, com sementes efêmeras, também chamadas de “sementes recalcitrantes” que germinam dentro do primeiro ano após o início da dispersão, por não suportar a dessecação; e o persistente, com sementes ortodoxas que são capazes de manter a sua viabilidade por longos períodos no solo após serem desidratadas (SWAINE e WHITMORE, 1998). Neste caso são frequentemente associadas ao fenômeno de dormência da semente (DALLING e BROWN, 2009). O banco de sementes transitório é composto, sobretudo por espécies que possuem eventos restritos de frutificação e sementes de curta duração e o persistente, por espécies pioneiras com expressiva ou contínua frutificação (THOMPSON et al., 1998).

A dispersão de sementes está relacionada à presença de vegetação no entorno, à fenologia das plantas e a disponibilidade de agentes de dispersão (bióticos e abióticos), que variam em importância durante os estágios sucessionais da floresta (MASSOCA et al., 2012). Após a dispersão, as sementes ficam expostas ao ataque de vertebrados, invertebrados e fungos, que influenciam no estabelecimento de plântulas (MASSOCA et al., 2012). Tais processos ecológicos conferem ao banco de sementes do solo um caráter dinâmico, no qual o balanço entre entradas e saídas de sementes resulta em um estoque de



sementes acumuladas no solo (PÉREZ e SANTIAGO, 2001). Esse estoque de sementes pode apresentar ampla variação espaço-temporal, refletindo diferenças na densidade de sementes presentes no solo, cuja variação também é explicada pela fisionomia da vegetação e características climáticas de cada ambiente (PÉREZ e SANTIAGO, 2001; PERERA, 2005; PLUE e HERMY 2012).

Os estudos conduzidos em regiões de florestas tropicais mostram que a composição florística do banco de sementes do solo apresenta uma reduzida riqueza de espécies em relação à vegetação estabelecida, quando se considera o componente arbóreo (GROMBONE-GUARATINI e RODRIGUES, 2002; DAINOU et al., 2011; VINHA et al., 2011). A porcentagem de espécies arbóreas registradas em ambos os compartimentos é frequentemente inferior a 20% (DOUH et al., 2014). Na floresta tropical úmida de Dja, na África central, Dainou et al. (2011) observaram que a similaridade de espécies entre o banco de sementes e a vegetação foi entre 3,5 e 7,6%. Em áreas da floresta tropical brasileira, vários estudos indicam porcentagens que dificilmente ultrapassam 30% (SCHERER e JARENKOW, 2006; MARTINS et al., 2008; CHAMI et al., 2011; CAMARGOS et al., 2013; SANTOS et al., 2013; XAUD et al., 2013; LAU e JARDIM, 2014). Essa divergência na composição florística pode ser atribuída ao número de amostras coletadas, bem como, a distribuição espacial do esforço amostral, como demonstrado por Butler e Chazdon (1998), ao descreverem quantitativamente a riqueza de espécies, variação espacial e abundância de germinantes do banco de sementes do solo de uma floresta tropical secundária em regeneração na Costa Rica. Neste caso, o maior número de amostras, distribuídas em uma grande área, permitiu um elevado grau de precisão na estimativa da riqueza de espécies presentes no banco de sementes do solo.

O estágio sucessional da floresta também desempenha um papel importante sobre a composição de espécies encontradas no banco de sementes do solo, uma vez que, embora haja sementes dormentes em todos os estágios sucessionais (GARWOOD, 1989), árvores pioneiras possuem sementes mais persistentes, quando comparadas às espécies sucessionais tardias (LONG et al., 2015). Considerando a análise de grupos ecológicos na composição florística do banco de sementes de florestas tropicais úmidas, é possível constatar a dominância de espécies características das primeiras fases da sucessão, bem como, elevada densidade de espécies de ervas anuais (PÉREZ e SANTIAGO, 2001; MARTINS et al., 2008; SOUZA et al., 2010; ALBRECHT et al., 2011; LAU e JARDIM, 2014). Assim, embora o banco de sementes apresente baixo potencial para a renovação da

riqueza de espécies arbóreas, a germinação de sementes de espécies herbáceas, seguida do estabelecimento de plântulas influenciará positivamente a taxa de substituição de espécies, favorecendo o avanço da sucessão (SAATKAMP et al., 2014). Além disso, a presença de espécies herbáceas não exóticas é considerada um bom indicador de resiliência (MARTINS et al., 2008).

Espécies florestais pioneiras apresentam crescimento rápido, alta produção de sementes e eficientes mecanismos de dispersão, o que incrementa a entrada dessas sementes no solo via chuva de sementes (DALLING et al., 1998; BAIDER et al., 1999). Em uma floresta Ombrófila Mista, no Brasil, o banco de sementes foi mais representativo do que a chuva de sementes e o banco de plântulas para o recrutamento de espécies lenhosas de sucessão precoce, mas o oposto foi observado com espécies de sucessão tardia (AVILA et al., 2013). Sementes de espécies sucessionais tardias, ocasionalmente, ocorrem no banco seminal (VÁZQUEZ-YANES e OROZCO-SEGOVIA, 1993), pois, são menos propensas a formar bancos de sementes persistentes em relação às espécies pioneiras (DALLING e BROWN, 2009; AVILA et al., 2013).

Características morfológicas das sementes também afetam os padrões de formação do banco de sementes do solo (FENNER e THOMPSON 2005). Assim, as espécies que produzem sementes pequenas tendem a formar bancos de sementes persistentes nas primeiras camadas do solo (até dez centímetros), enquanto as sementes grandes muitas vezes formam bancos de sementes transitórios (THOMPSON et al., 1998; SCHWIENBACHER et al., 2010). Essa capacidade de persistência ocorre porque sementes pequenas são incorporadas ao solo mais rapidamente quando comparadas às sementes médias e grandes, reduzindo significativamente a predação, aumentando a probabilidade de viabilidade durante um maior período (JANKOWSKA-BLASZCZUK, 2000; EGAWA e TSUYUZAKI, 2013). A correlação entre uma maior longevidade e menor tamanho da semente também foi relatada por Fenner e Thompson (2005), sugerindo que a longevidade normalmente diminui com o maior tamanho das sementes.

A densidade de sementes viáveis no solo diminui de acordo com a profundidade, independente do ecossistema avaliado. Com base em uma revisão de dezoito estudos, Douh et al. (2014) relataram que tanto a densidade de sementes quanto a riqueza de espécies nas florestas Tropicais Úmidas africanas diminuíram a medida em que a profundidade de coleta do solo aumentou, evidenciando que a viabilidade das sementes também é limitada pela profundidade de deposição no solo. Da mesma maneira, Uasuf et

al. (2009) também observaram no banco de sementes de uma floresta Tropical Decídua, alta densidade de sementes (71%) na camada mais superficial do solo, assim como Erenler et al. (2010), em um estudo sobre o banco de sementes em quatro florestas de várzea na região central da Inglaterra. Nas florestas tropicais úmidas, a maioria das sementes é dispersa secundariamente por besouros escaravelhos, com média de profundidade de enterramento de quatro centímetros, aumentando a probabilidade de germinação e estabelecimento de plântulas (ANDRESEN e LEVEY, 2004). Ainda assim, existem registros de sementes viáveis a profundidades diversas (MONACO et al., 2003).

A sazonalidade é outro fator determinante, influenciando na riqueza de espécies e densidade de sementes encontradas no solo em determinados ambientes. Grombone-Guarantini e Rodrigues (2002), em uma floresta Tropical Estacional Semidecidual no sudeste do Brasil verificaram que os maiores valores de densidade de sementes no solo e riqueza de espécies foram registrados durante a estação chuvosa, coincidindo com o pico de frutificação de arbustos e árvores nesta floresta. O padrão de precipitação sazonal influenciou grande parte dos eventos fenológicos e, conseqüentemente, favoreceu a germinação de sementes no início do período chuvoso. Avaliando a dinâmica do banco de sementes de duas árvores pioneiras em áreas de floresta Tropical Sazonal no Panamá, Dalling et al. (1998) verificaram que a densidade de sementes aumentou em até dez vezes de uma estação para outra, fato também atribuído aos picos de frutificação e dispersão de sementes na comunidade, que se concentraram em determinadas épocas do ano.

Padrões sazonais influenciando na dinâmica do banco de sementes do solo são frequentemente descritos para florestas Tropicais Secas (CECCON et al., 2006; PESSOA, 2007; SANTOS et al., 2010; SILVA et al., 2013), as quais ocorrem em climas com precipitação marcadamente sazonal, onde a variabilidade anual no volume de chuvas e o tempo, intensidade e duração dos períodos seco e chuvoso constituem um aspecto importante para o entendimento dos seus efeitos sobre a regeneração e conservação desses ecossistemas (CECCON et al., 2006). Contudo, variações intra e interanuais dos quantitativos de precipitação em florestas tropicais úmidas, que não caracterizam sazonalidade, também podem influenciar a riqueza de espécies e a densidade de sementes encontradas no solo desses ambientes (PINHEIRO, 2013).

Portanto, os mecanismos envolvidos na formação do banco de sementes do solo em distintos ambientes são base fundamental para melhorar a compreensão de como as comunidades de plantas se desenvolvem e são sustentadas, permitindo inferências a cerca

do potencial de regeneração de uma comunidade, constituindo importante ferramenta para o manejo e conservação de ambientes naturais, bem como para a restauração de habitats alterados.

*Contribuição do banco de sementes do solo para regeneração florestal após perturbações antrópicas*

A deterioração das Florestas Tropicais ao nível mundial causada por perturbações antrópicas que incluem a exploração madeireira, fragmentação de grandes extensões de floresta nativa para a agricultura e intensificação de incêndios florestais provocam mudanças drásticas em múltiplas escalas biológicas e espaciais (GUNARATNE et al., 2014; JOLY et al., 2014). Tais modificações comprometem o potencial regenerativo dessas florestas, que, quando abandonadas, são mais representadas por espécies pioneiras com sementes pequenas, podendo resultar em florestas secundárias homogêneas nas quais a sucessão tende a permanecer estagnada (CHAZDON, 2003; CHAZDON et al., 2012; SANTO-SILVA et al., 2012; JOLY et al., 2014). Este fato pode ser compreendido através da análise de estudos sobre as fontes de regeneração natural, incluindo a presença e diversidade de sementes no solo, banco de plântulas, rebrota de indivíduos adultos que sobreviveram a uma determinada perturbação ou distúrbio.

Dentre as estratégias de regeneração de florestas tropicais, o banco de sementes do solo é uma das mais discutidas na literatura em termos de importância para a conservação, regeneração e recuperação de ecossistemas e habitats alterados. Isso porque a regeneração a partir de sementes estocadas no solo é um importante componente da dinâmica dos ecossistemas, especialmente quando ocorre a abertura do dossel (DALLING et al., 1998; CASTILLO e STEVENSON, 2010).

Perturbações no habitat que provoquem alterações nas condições ambientais em nível de temperatura, luminosidade, umidade e disponibilidade de nutrientes no solo podem reduzir a germinação de sementes e o sucesso de estabelecimento das plantas em muitos ecossistemas, influenciando a recomposição de espécies na regeneração após perturbação da floresta (BAIDER et al., 2001; DECOCQ et al., 2004; DAYAMBA et al., 2008; WANG et al., 2009; DAINOU et al., 2011). Além disso, a função do banco de sementes pode ser substancialmente reduzida considerando o tipo, intensidade e frequência da perturbação ou distúrbio natural (LANDERBERGER e MCGRAW, 2004; SILVA et al., 2006), podendo ser considerado pouco representativo para a dinâmica de regeneração das Florestas Tropicais (ALVES e METZGER, 2006).

Avaliando o banco de sementes do solo em uma floresta Estacional Semidecidual em regeneração pós-fogo, Martins et al. (2008) verificaram que mais de 80% da densidade de sementes germinadas eram herbáceas, assim como Miller (1999), em um remanescente de floresta Tropical Decídua no México verificou que, tanto a densidade de sementes viáveis no solo quanto à riqueza de espécies diminuíram em 93% e 77%, respectivamente, após a ocorrência de um incêndio, evidenciando que a germinação de sementes foi limitada pela baixa adaptação dessas espécies ao fogo.

As perdas na densidade de sementes e riqueza de espécies encontradas no banco de sementes do solo são frequentemente observadas após diferentes tipos de perturbações antrópicas. Em quatro trechos florestais de idades diferentes dentro de uma paisagem de floresta Atlântica Montana após um processo de corte da floresta, 71% da densidade de sementes foi representada por espécies herbáceas, sugerindo que sementes vindas de outras fontes são necessárias para a regeneração, uma vez que as sementes médias e grandes das espécies lenhosas tolerantes à sombra, raramente são armazenadas no banco seminal do solo (BAIDER et al., 2001). Além disso, a contribuição do banco de sementes do solo para a regeneração florestal varia em importância conforme o histórico e tipo de perturbação da área (BAIDER et al., 2001).

Em áreas da floresta Atlântica brasileira negativamente afetada por perturbações antrópicas, o banco de sementes do solo foi dominado por espécies de árvores e arbustos de sucessão inicial, os quais representaram 81% dos indivíduos germinados, sendo *Cecropia pachystachya* Trécul e *Miconia cinnanomifolia* (DC.) Naudim as espécies mais abundantes (VINHA et al., 2011). Ambas são espécies pioneiras frequentemente encontradas dominando o banco de sementes do solo em florestas tropicais úmidas (BAIDER et al., 1999).

Rodrigues e Silva Matos (2006) relacionaram dados de densidade e composição de espécies do banco de sementes do solo em quatro áreas da floresta Atlântica brasileira que foram incendiadas, e concluíram que em áreas com níveis semelhantes de perturbação o banco de sementes do solo, provavelmente, pouco irá contribuir para a regeneração da floresta. O que foi explicado pelo fato de que houve um grande índice de germinação e consequentemente permanência e dominância de apenas duas espécies, *Tibouchina* sp. (Melastomataceae) e *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. (Dennstaedtiaceae), que juntas representaram 93,21% da densidade total de mudas, caracterizando o empobrecimento do banco de sementes do solo na área avaliada. Assim, constatou-se que o fogo representou

um dos principais fatores na determinação da colonização inicial pela espécie *P. aquilinum* nas áreas perturbadas, devido a sua capacidade de rebrotar a partir de rizomas profundos, muito desenvolvidos e extremamente resistentes ao fogo. Além disso, seu estabelecimento em detrimento de outras espécies foi relacionado aos efeitos alelopáticos característicos das espécies que pertencem a este gênero.

Diversas espécies florestais climácicas são capazes de rebrotamento a partir de raízes e/ou caules após algum evento de perturbação da floresta (KAMMESHEIDT, 1999). Em florestas secundárias na Amazônia oriental o rebrotamento foi a principal fonte de recrutamento de espécies florestais, representando de 68-81% das árvores encontradas durante a sucessão após perturbação antrópica (VIEIRA e PROCTOR, 2007). Assim como observado para as espécies lenhosas, o estabelecimento por rebrota também foi verificado para as ervas, numa área de restinga herbáceo/subarbustiva em processo de regeneração pós-fogo. Três meses após a queimada a maioria das espécies registradas havia surgido de órgãos vegetativos subterrâneos (ARAÚJO e PEIXOTO, 1977). Portanto, o rebrotamento da vegetação tem o potencial de acelerar a regeneração natural logo após uma perturbação, pois garante um crescimento mais rápido dos indivíduos (MAROD et al., 2002), além de possibilitar que o banco de sementes dessas espécies apresente uma recuperação mais rápida após um processo de perturbação. Contudo, reiterados eventos de perturbação esgotam a capacidade de rebrotamento pós-perturbação (CHAZDON, 2012).

O número de espécies nas florestas tropicais úmidas que dispõem de mecanismos de proteção ao fogo é restrito, tornando-as, portanto, mais susceptíveis aos efeitos nocivos do incêndio, incluindo o esgotamento de grande parte do banco de sementes do solo (WILLIAMSON e MESQUITA, 2001). Melo et al. (2007) ao avaliarem a dinâmica do banco de sementes do solo pós-fogo em diferentes faixas de distância da borda (0 a 20 m e 20 a 50 m) em área de floresta Estacional Semidecidual no Brasil registraram menor riqueza de espécies e densidade de sementes germinadas na área atingida pelo fogo. Considerando a riqueza de espécies nas duas faixas de distância da borda houve redução de 35% no número de espécies, sendo maiores os impactos quanto menor a distância da borda para a floresta. Além disso, houve redução na germinação de sementes de espécies arbóreas e o aumento significativo da densidade relativa de sementes de espécies herbáceas, incluindo espécies exóticas na faixa mais externa da área incendiada. Isso significa que o banco de sementes presentes no solo da área incendiada contribui com um menor número de espécies, retardando o avanço dos processos sucessionais. Por outro

lado, na área que não foi incendiada, o banco de sementes foi constituído por maiores proporções de sementes de espécies lenhosas em relação às de plantas herbáceas, incluindo *Trema micrantha* (L.) Blume (Cannabaceae), espécie considerada importante na regeneração após a abertura de clareiras nesse ambiente.

Em contrapartida, em muitos ecossistemas propensos ao fogo, tais como o Cerrado brasileiro e ecossistemas Mediterrâneos, a maioria das espécies da comunidade de plantas exibe um aumento na porcentagem de germinação de sementes em resposta a exposição a temperaturas mais elevadas por curtos períodos de tempo (VAN STADEN et al., 2000; VALBUENA e TRABAUD, 2001; DANTHU et al., 2003; BARRIOS et al., 2011; GRESTA et al., 2011; ZULOAGA-AGUILAR et al., 2011). Isso acontece porque essas espécies desenvolveram uma série de adaptações ao longo da história evolutiva em resposta aos diversos fatores associados com o fogo (CALABUIG et al., 1987; DAYAMBA et al., 2008), sendo demonstrado experimentalmente que a fumaça produzida durante incêndios florestais consiste em um estímulo químico determinante para a germinação de espécies adaptadas ao fogo (TODOROVIC et al., 2005; DAYAMBA et al., 2008). Andrade e Miranda (2014), ao avaliarem a dinâmica interanual do banco de sementes do solo após um evento de fogo em uma área de Cerrado, verificaram que a densidade de sementes e riqueza de espécies obtidas no recrutamento pós-fogo aumentou a variabilidade genética e contribuiu para a persistência de populações de plantas em comunidades do Cerrado. Houve um rápido incremento na germinação de sementes de dicotiledôneas, seguido de estabilização no início da estação chuvosa. Desta forma, a heterogeneidade espaço-temporal dos ambientes condiciona à dinâmica e estrutura de comunidades biológicas, incluindo variações na riqueza de espécies e densidade do banco de sementes do solo (GAD e KELAN, 2012).

Outros estudos sobre a caracterização do banco de sementes do solo têm sido realizados em ambientes de floresta Atlântica, Amazônica, Cerrado e Caatinga, com intuito de avaliar os dados de densidade de sementes, composição florística e riqueza de espécies para explicar como as variações observadas podem estar associadas com sucessivos eventos de perturbação, incluindo desmatamento, incêndios e eventos climáticos extremos (NEPSTAD et al., 1991; BAIDER et al., 1999; MELO et al., 2007; BURLEY et al., 2008; XAVIER, 2011; LEAL-FILHO et al., 2013; CAMARGOS et al., 2013). Estudos como estes foram capazes de demonstrar que a resposta do banco de sementes do solo é altamente variável entre os ecossistemas, e que sua real contribuição para a recolonização

de habitats alterados varia de acordo com a gravidade da perturbação. A partir disso, torna-se possível propor diferentes estratégias que viabilizem a recuperação, manejo e conservação desses ambientes.

#### *Conhecimento atual sobre o banco de sementes do solo em florestas de restinga*

O conhecimento sobre os mecanismos de regeneração natural nas Restingas brasileiras deriva principalmente de estudos concentrados, em sua maioria, nas regiões Sul e Sudeste do país (ARAÚJO e PEIXOTO, 1977; SÁ, 2002; GUEDES, 2004; ZAMITH e SACARANO, 2004; GUEDES et al., 2005; RODRIGUES, 2006; SILVA et al., 2009; BRAZ e MATTOS, 2010; RODRIGUES et al., 2011; BARBÉRIO et al., 2014; BRAZ et al., 2014).

Guedes et al. (2005) em estudo sobre o banco de sementes do solo desenvolvido em dois fragmentos de floresta de Restinga (inundável e não inundável) no município de Bertioga/SP, revelaram que, em caso de perturbação natural ou antrópica, o reservatório de sementes presentes no solo é insuficiente para garantir a regeneração natural desse ecossistema. Nos dois fragmentos avaliados a densidade de sementes germinadas foi extremamente reduzida, em média 15,09 sementes/m<sup>2</sup>, tornando essas áreas notadamente dependentes de estratégias promissoras de conservação.

Posteriormente, Rodrigues (2006) avaliou aspectos do banco de sementes do solo em três microhabitats de floresta alta de Restinga após processo de mineração (cinco a dez anos) no município de São Vicente/SP. Independente do tempo de abandono houve baixa riqueza de espécies e densidade de sementes presentes no solo devido à descontinuidade do dossel, favorecendo a germinação de espécies pioneiras tolerantes a altas taxas de luminosidade. Além disso, a existência de raízes muito espessas que dificultam a deposição de sementes em profundidade, bem como, o elevado grau de antropização do fragmento avaliado, sugere que o potencial de regeneração natural da área avaliada a partir do banco de sementes do solo é limitado, comprometendo o avanço dos processos sucessionais nessa área de restinga. Apesar disso, Rodrigues et al. (2010), mostraram que a chuva de sementes, dentro dessa mesma área, apresenta grande potencial de manutenção e renovação das espécies, contribuindo com a recuperação desse ecossistema.

No entanto, Souza et al. (2010) ao realizarem o primeiro trabalho abordando aspectos do banco de sementes do solo no ecossistema de Restinga na região nordeste, no estado de Pernambuco, registraram a dominância de sementes de espécies herbáceas nas três fisionomias estudadas (campo inundável, campo não inundável e floresta). Aspectos



ecológicos como o curto ciclo de vida das plantas e maior investimento na produção e dispersão de sementes justificou o predomínio de espécies herbáceas ruderais, frequentemente encontradas em áreas de restinga nos estágios iniciais de sucessão. Entretanto, a rápida renovação e o acúmulo de sementes no solo poderão contribuir positivamente com a taxa de substituição de espécies e o avanço da sucessão, favorecendo a conservação deste ecossistema (SOUZA et al., 2010).

Ao avaliar a dinâmica do banco de sementes do solo em dois fragmentos de floresta de restinga no nordeste do Brasil, Pinheiro (2013) identificou que a riqueza de espécies, assim como a densidade de sementes presentes no banco do solo foram maiores no fragmento florestal que apresenta um dossel mais baixo e com espessura de copa menor, e que a densidade de sementes encontradas no período seco (398,5 sementes/m<sup>2</sup>) foi superior ao total encontrado no período chuvoso (280 sementes/m<sup>2</sup>). Entretanto, a maior riqueza específica evidenciada nas amostras de solo foi relacionada à ocorrência de 12 espécies herbáceas a mais do que o registrado no fragmento que possui um dossel mais alto e uma espessura de copa maior. Contudo, o banco de sementes foi constituído por grandes proporções de sementes de espécies herbáceas e arbustivas ruderais em relação às plantas arbóreas. As famílias registradas no banco de sementes do solo foram semelhantes às encontradas em levantamentos fitossociológicos de outros fragmentos de restinga no Brasil.

Em um estudo recente, Braz et al. (2014) avaliaram o efeito de microhabitats (borda e centro de manchas vegetacionais com dominância de espécies distintas) e profundidades (serrapilheira e camada do solo até cinco centímetros) sobre a riqueza de espécies e densidade de sementes presentes no solo em uma floresta de restinga no sudeste brasileiro. As duas variáveis avaliadas não foram suficientes para caracterizar diferenças relevantes na composição florística do banco de sementes do solo. A densidade de sementes foi considerada baixa (104 sementes/m<sup>2</sup>), entretanto, o reservatório de sementes no solo pode desempenhar um importante papel nas fases iniciais da sucessão, contribuindo para o restabelecimento de pequenas manchas de vegetação nesse ecossistema. Entretanto, Barbério et al. (2014) em estudo realizado nas fisionomias de restinga (escrube, média restinga, alta restinga e transição para o interior das formações florestais), no sudeste do Brasil, mostrou que, diferenças na densidade de sementes e composição de espécies do banco de sementes do solo foram explicadas pelos microhabitats associados às variações fisionômicas da vegetação.

De maneira geral, esses trabalhos vêm demonstrando que diferenças na densidade de sementes e composição de espécies encontradas no banco do solo, podem ser associadas às distintas fisionomias observadas na vegetação de restinga e ao grau de antropização dessas áreas, porém com resultados divergentes (GUEDES et al., 2005; PINHEIRO, 2013; BARBÉRIO et al., 2014; BRAZ et al., 2014).

Contudo, não existem estudos que comparem diretamente dados de densidade de sementes e riqueza de espécies presentes no banco do solo em áreas de restinga quanto ao efeito relativo à ocorrência de um incêndio nessa formação vegetal. Portanto, diante do aumento de ações antrópicas que têm impactado negativamente os ecossistemas litorâneos em todo o Brasil, é necessário investigar como essas atividades podem influenciar os mecanismos ecológicos envolvidos na regeneração natural desses ambientes, incluindo a dinâmica do banco de sementes do solo.

## Referências Bibliográficas

ALBRECHT, H.; EDER, E.; LANGBEHN, T.; TSCHIRSCH, C. 2011. The soil seed bank and its relationship to the established vegetation in urban wastelands. *Landscape and Urban Planning*, v. 100, p. 87-97.

ALVES, L.A.; METZGER, J.P. 2006. A regeneração florestal em áreas de Floresta secundária na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. *Biota Neotropica*, v. 6, n. 2, p. 1-26.

ANDRADE, L.A.Z.; MIRANDA, H.S. 2014. The dynamics of the soil seed bank after a fire event in a woody savanna in central Brazil. *Plant Ecology*, v.215, p. 1199-1209.

ANDRESEN, E.; D.J. LEVEY. 2004. Effects of dung and seed size on secondary dispersal, seed predation, and seedling establishment of rain forest trees. *Oecologia*, v.139, n.1, p. 45-54.

ARAUJO, D.S.D.; PEIXOTO, A.L. 1977. Renovação de uma comunidade vegetal de restinga após queimada. Pp. 117. In: XXVII Congresso Nacional de Botânica. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro.

ARAÚJO, M.M.; OLIVEIRA, F.A.; VIEIRA, I.C.G.; BARROS, P.L.C. & LIMA, C.A.T. 2001. Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de florestas sucessionais na região do Baixo Rio Guamá, Amazônia Oriental. *Scientia Forestalis* 59: 115-130.

AVILA, A.L.; ARAUJO, M.M.; GASPARIN, E.; LONGHI, S.J. 2013. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil. *Cerne, Lavras*, v. 19, n. 4, p. 621-628.

BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. 2001. The soil seed bank during Atlantic forest regeneration in Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, v.61, (1), p.35- 44.

BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. 1999. O banco de sementes de um trecho de Floresta Atlântica de Montana (São Paulo, Brasil). *Revista Brasileira de Biologia*, 59: 319-328.

BARRIOS, B.; ARELLANO, G.; KOPTUR, S. 2011. The effects of fire and fragmentation on occurrence and flowering of a rare perennial plant. *Plant Ecol*, v. 212, p. 1057-1067.

BARBÉRIO, M.; BARBOSA, J.M.; RODRIGUES, M.A.; SANTOS JUNIOR, N.A. 2014. Estudo do banco de sementes em diferentes fisionomias de restinga no litoral sul de São Paulo. *Acta Biológica Catarinense*, v. 1, n. 2, p. 28-35.

BRAZ, M.I.G.; MATTOS, E.A. 2010. Seed dispersal phenology and germination characteristics of a drought-prone vegetation in southeastern Brazil. *Biotropica*, v. 42, p. 327-335.

BRAZ, M.I.G.; RODIN, G.; MATTOS, E.A.; Soil seed bank in a patchy vegetation of coastal Sandy plains in southeastern Brazil. 2014. *Plant Species Biology*, v. 29, p. 40-47.

- BURLEY, S.; ROBINSON, S.L.; LUNDHOLM, J.T. 2008. Post-hurricane vegetation recovery in a urban forest. *Landscape and Urban Planning*, v. 85, p. 111-122.
- BUTLER, B.J.; CHAZDON, R.L. 1998. Species Richness, spatial variation, and abundance of the soil seed bank of a secondary Tropical Rain Forest. *Biotropica*, v. 2, p. 214-222.
- CALABUIG, L.E.; TARREGA, K.; ZUAZUA, T. 1987. Shurb responses to experimental fire. First phases of regeneration. *Ecologia Mediterrane*. Tome XIII, n. 4, p. 155-162.
- CAMARGOS, V.L.; MARTINS, S.V.; RIBEIRO, G.A.; CARMO, F.M.S.; SILVA, A.F. 2013. Influência do fogo no banco de sementes do solo em floresta Estacional Semidecidual. *Ciência Florestal*, v. 23, n. 1, p. 19-28.
- CASTILLO, L.S; STEVENSON, P.R. 2010. Relative importance of seed-bank and post-disturbance seed dispersal on early gap regeneration in a Colombian Amazon Forest. *Biotropica*, v. 42, p. 488-492.
- CECCON, E.; HUANTE, P.; RINCÓN, E. 2006. Abiotic factors influencing tropical dry forest regeneration. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.49, n.2, p. 305-312.
- CHAMI, L.B.; ARAUJO, M.M.; LONGHI, S.J.; KIELSE, P.; DAL'COL LÚCIO, A. 2011. Mecanismos de regeneração natural em diferentes ambientes de remanescente de Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. *Ciência Rural*, v. 41, n. 2, p. 251-259.
- CHAZDON, R.L. 2003. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v. 6, p. 51-71.
- CHAZDON, R.L. 2012. Tropical forest regeneration. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.* v. 7, n. 3, p. 195-218.
- COCHRANE, M.A.; SCHULZE, M.D. 1977. Fire as a recurrent event in tropical forests of the eastern Amazon: effects on forest structure, biomass, and species composition. *Biotropica*, v. 31, n. 1, p. 2-16.
- DAINOU, K. BAUDUIN, A.; BOURLAND, N.; GILLET, J.F.; FÉTÉKÉ, F.; DOUCET, J.L. 2011. Soil seed bank characteristics in Cameroonian rainforests and implications for post-logging forest recovery. *Ecological Engineering*, v.37, p. 1499-1506.
- DALLING, J.W.; BROWN, T.A. 2009. Long-term persistence of pioneer species in tropical rain forest soil seed banks. *Am. Nat.*, v. 173, p. 531-535.
- DALLING, J.W.; SWAINE, M.D.; GARWOOD, N.C. 1998. Dispersal patterns and seed bank dynamics of pioneer trees in moist tropical forest. *Ecology*, v. 79, p. 564-578.
- DANTHU, P.; NDONGO, M.; DIAOU, M.; THIAM O, SARR A, DEDHIOU B, VALL, A.O.M. 2003. Impact of bushfire on germination of some West African Acacias. *For. Ecol. Manage*, v. 173, p. 1-10.

DAYAMBA, S.D.; TIGABU, M.; SAWADOGO, L.; ODEN, C.P. 2008. Seed germination of herbaceous and woody species of the Sudanian savanna-woodland in response to heat shock and smoke. *Forest Ecology and Management*, v. 256, p. 462-470.

DECOCQ, G.; VALENTIN, B.; TOUSSAINT, B.; HENDOUX, F.; SAGUEZ, R. 2004. Soil seed bank composition and diversity in a managed temperate deciduous forest. *Biodiversity and Conservation*, v. 13, p. 2485-2509.

DOUH, C.; KASSO, D.; LOUMETO, J.J.; FAYOLLE, A.; JEAN-LOUIS DOUCET, J-L. 2014. Explorer la banque de graines du sol pour mieux comprendre la dynamique de régénération des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique). *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, v. 18, n.4, p. 558-565.

EGAWA, C.; TSUYUZAKI, S. 2013. The effects of litter accumulation through succession on seed bank formation for small-and large-seeded species. *Journal of Vegetation Science*, v. 24, n. 6, p. 1062-1073.

ERENLER, H.E.; ASHTON, P.A.; GILLMAN, M.P.; OLLERTON, J. 2010. Factors determining species richness of soil seed banks in lowland ancient woodlands. *Biodiversity and Conservation*, v. 19, p. 1631-1648.

FENNER, M.; THOMPSON, K. *The ecology of seeds*. Cambridge, U.K. Cambridge: University Press, 2005. 250p.

FISHER, J.L.; LONERAGAN, W.A.; DIXON, K.; VENEKLAAS, E.J. 2009. Soil seed bank compositional change constrains biodiversity in a invaded species-rich woodland. *Biological Conservation*, v. 142, p. 256-269.

GAD, M.R.M.; KELAN, S.S. 2012. Soil seed bank and seed germination of sand dunes vegetation in North Sinai - Egypt. *Annals of Agricultural Science*, v. 57, n. 1, p. 63-72.

GARWOOD, N.C. 1989. *Tropical Soil Seed Banks: A Review*. *Ecology of Soil Seed Banks*, p.149-204.

GRESTA, F.; AVOLA, G.; TUTTOBENE, R.; ONOFRI, A.; BARRILE, V.; CRISTAUDO, A.; ABBATE, V. 2011. The effect of fire on dormancy break of three annual legume seeds. *Italian Journal of Agronomy* v. 6, n. 23, p. 8-11.

GROMBONE-GUARATINI, M.T.; RODRIGUES, R.R. 2002. Seed bank and seed rain in a seasonal semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, v. 18, p. 137-148.

GUEDES, D.C. 2004. **Florística, estrutura e informações sobre a regeneração natural de fragmentos de floresta de restinga no município de Bertioga – SP**. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

GUEDES, D.; BARBOSA, L.M.; MARTINS, S.E.; BARBOSA, J.M. 2005. Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de fragmentos de floresta de restinga no município de bertioga-SP. *Rev. Inst. Flor. São Paulo*, v. 17, n. 2, p. 143-150.

GUNARATNE, A.M.T.A., GUNATILLEKE, C.V.S., GUNATILLEKE, I.A.U.N., MADAWALA, H.M.S.P., BURSLEM, D.F.R.P., 2014. Overcoming ecological barriers to tropical lower montane forest succession on anthropogenic grasslands: Synthesis and future prospects. *Forest Ecology and Management*, v. 329, p. 340–350.

HOOPER, E. R., P. LEGENDRE & R. CONDIT, 2004. Factors affecting community composition of forest regeneration in deforested, abandoned land in Panama. *Ecology*, v. 85, p. 3313-3326.

JANKOWSKA-BLASZCZUK, M. 2000. Differentiation of the seed banks in natural and anthropogenically changed forest communities. *Monographiae Botanicae*, v. 88, p. 1-147.

JOLY, C.A.; ASSIS, M.A.; BERNACCI, L.C.; TAMASHIRO, J.Y.; CAMPOS, M.C.R.; GOMES, J.A.M.A.; LACERDA, M.S.; SANTOS, F.A.M.; PEDRONI, F.; PEREIRA, L.S.; PADGURSCHI, M.C.G.; PRATA, E.M.B.; RAMOS, E.; TORRES, R.B.; ROCHELLE, A.; MARTINS, F.R.; ALVES, L.F.; VIEIRA, S.A.; MARTINELLI, L.A.; CAMARGO, P.B.; AIDAR, M.P.M.; EISENLOHR, P.V.; SIMÕES, E.; VILLANI, J.P.; BELINELLO, R. 2012. Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. *Biota Neotrop*, v. 12, n. 1, p. 123-145.

KALAMEES, R.; ZOBEL, M., 2002. The role of seed bank in gap regeneration in a calcareous grassland community. *Ecology*, v. 83, p. 1017–1025.

KAMMESHEIDT, L. 1999. Forest recovery by root suckers and above-ground sprouts after slash-and-burn agriculture, fire and logging in Paraguay and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology*, v. 15, n.2, p. 143-157.

KENNARD, D.K.; GOULD, K.; PUTZ, F.E.; FREDERICKSEN, T.S.; MORALES, F. 2002. Effects of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, v. 162, n. 2, p.197-208.

LANDERBERGER, R.E.; MCGRAW, J.B. 2004. Seed bank characteristics in mixedmesophytic forest clearcuts and edges: does “edge effect” extend to the seedbank? *Can. J. Bot.* v. 82, n. 7, 992–1000.

LAU, A.V.; JARDIM, A.G. 2014. Composição e densidade do banco de sementes em uma Floresta de várzea, Illa do Cambu, Belém-PA, Brasil. *Biota Amazônia*, v. 4, n. 3, p. 5-14.

LEAL-FILHO, N.; SENA, J.S.; SANTOS, G.R. 2013. Variações espaço-temporais no estoque de sementes do solo na floresta amazônica. *Acta Amazônica*, v. 43, n. 3, p. 305-314.

LECK, M.A.; PARKER, V.T.; SIMPSON, R.L, editors. 1989. *Ecology of Soil Seed Banks*. New York, NY: Academic Press.

LECK, M.A.; W. SCHÜTZ. 2005. Regeneration of Cyperaceae, with particular reference to seed ecology and seed banks. *Pers. Plant Ecology Evolution and Systematics*, v. 7, p. 95–133.

- LESS, A.C.; PERES, C.A. 2009. Gap-crossing movements predict species occupancy in Amazonian forest fragments. *Oikos*, v. 118, p. 280-290.
- LONG, R.L.; GORECKI, M.J.; RENTON, M.; SCOTT, J.K.; COLVILLE, L.; GOGGIN, D.E.; COMMANDER, L.E.; WESTCOTT, D.A.; CHERRY, H.; FINCH-SAVAGE. 2015. The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. *Biological Reviews*. v. 90, n.1, p. 31-59.
- MAROD, D.; KUTINTARA, U.; TANAKA, H.; NAKASHIKUZA, T. 2002. The effects of drought and fire on seed and seedling dynamics in a tropical seasonal Forest in Thailand. *Plant Ecology*, v. 161, n. 1, p. 41-57.
- MARTINS, A.M.; ENGEL, V.L. 2007. Soil seed banks in tropical forest fragments with different disturbance histories in southeastern Brazil. *Ecological Engineering*, v. 31, p. 165-174.
- MARTINS, S.V.; ALMEIDA, D.P.; FERNANDES, L.V.; RIBEIRO, T.M. 2008. Banco de sementes como indicador de restauração de uma área degradada por mineração de caulim em Brás Pires, MG. R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.32, n.6, p.1081-1088.
- MASSOCA, P.E.S.; JAKOVAC, A.C.C.; BENTOS, T.V.; WILLIAMSON, G.B.; MESQUITA, R.C.G. 2012. Dinâmica e trajetórias da sucessão na Amazônia central. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, v. 7, n. 3, p. 235-250.
- MELO, A.C.G.; DURIGAN, G.; GORENSTEIN, M.R. 2007. Efeito do fogo sobre o banco de sementes em faixa de borda da floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. *Acta bot. Bras.* v. 21, n.4, p. 927-934.
- MILLER, P. M. 1999. Effects of deforestation on seed banks in a tropical deciduous forest of western México. *Journal of Tropical Ecology*, v. 15, p. 179-188.
- MONACO, L.M.; MESQUITA, R.C.G.; WILLIAMSON, G.B. 2003. Banco de sementes de uma floresta secundária Amazônica dominada por *Vismia*. *Acta Amazônica*, v. 33, n. 1, p. 41-52.
- NEPSTAD, D.C.; UHL, C.; SERRÃO, A.S. 1991, Recuperation of a degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. *Ambio*, v. 20, p. 248-255.
- NÓBREGA, A.M.F.; VALERI, S.V.; PAULA, R.C.; PAVANI, M.C.M.D.; SILVA, S.A. 2009. Banco de sementes de remanescentes naturais e de áreas reflorestadas em uma várzea do Rio Mogi-Guaçu- SP. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 403-411.
- PERERA, G.A.D. Spatial heterogeneity of the soil seed bank in the tropical semi-deciduous forest at Wasgomuwa National Park, Sri Lanka. 2005. *Tropical Ecology*, v. 46, n. 1, p. 79-89.
- PÉREZ, E.M.; SANTIAGO, E.T. 2001. Dinámica estacional del banco de semillas en una sabana en los Llanos Centro-Orientales de Venezuela. *Biotropica* v. 33, p.435-446.

PESSOA, L.M. 2007. **Variação espacial e sazonal do banco de sementes do solo em uma área de caatinga, Serra Talhada, PE.** Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

PINHEIRO, T.S. 2013. **Variação espaço-temporal do banco de sementes do solo de duas florestas de Restinga do Nordeste do Brasil.** Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife.

PLUE, J.; HERMY, M. 2012. Consistent seed bank spatial structure across semi-natural habitats determines plot sampling. *J. Veg. Sci.*, v. 23, p. 505-516.

RODRIGUES, M.A. 2006. **Avaliação da chuva e banco de sementes em áreas de restinga, morfoecologia e potencial biótico de espécies ocorrentes nestes locais.** (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho.

RODRIGUES, M.A.; PAOLI, A.A.S.; BARBOSA, J.M.; SANTOS JUNIOR, N.A. 2010. Avaliação da chuva de sementes em áreas de restinga em diferentes estágios de regeneração. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.815-824.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G.; ARONSON, J.; BARRETO, T.E.; VIDAL, C.Y.; BRANCALION, P.H.S. 2011. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 261, p. 1605-1613.

SÁ, C.F.C. 2002. Regeneração de um trecho de floresta de restinga na Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema Estado do Rio de Janeiro: II – Estrato arbustivo. *Rodriguésia*, v. 53, p. 5-23.

SAATKAMP, A.; POSCHLOD, P.; VENABLE, D. L. 2014. 11 The Functional Role of Soil Seed Banks in Natural Communities, p. 263-295.

SANTOS, D.M.; SILVA, K.A.; ALBUQUERQUE, U.P.; SANTOS, J.M.F.F.; LOPES, C.G.R.; ARAÚJO, E.L. 2013. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in north eastern Brazil? *Flora*, v. 208, n.7, p. 445-452.

SANTOS, D.M.; SILVA, K.A.; SANTOS, J.M.F.F.; LOPES, C.G.R. 2010. Variação espaço-temporal do banco de sementes em uma área de floresta tropical seca (Caatinga) – Pernambuco. *Revista de Geografia*, v. 27, n. 1, p. 234-253.

SANTOS-FILHO, F.S.; ALMEIDA-JR, E.B.; SOARES, C.J.R.S.; ZICKEL.; C.S. 2010. Fisionomias das restingas do Delta do Parnaíba, Nordeste, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, p.218-227.

SCARANO, F. R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rain forest. *Ann. Bot.* v. 90, p. 517–524.



SCHERER, C.; JARENKOW, J.A. 2006. Banco de sementes de espécies arbóreas em floresta estacional no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira Botânica*, v.29, n.1, p. 67-77.

SCHWIENBACHER, E.; MARCANTE, S.; ERSCHBAMER, B. 2010. Alpine species seed longevity in the soil in relation to seed size and shape – A 5-year burial experiment in the Central Alps. *Flora*, v. 205, p. 19–25.

SILVA, U.S.R.; MATOS, D.M.S. 2006. The invasion of *Pteridium aquilinum* and the impoverishment of the seed bank in fire prone areas of Brazilian Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation*, v. 15, p. 3035-3043.

SILVA, C.R.; BARBOSA, J.M.; CARRASCO, P.G.; CASTANHEIRA, S.A.; PEREIRA, M.A.; SANTOS JUNIOR, N.A. 2009. Chuva de sementes em uma floresta alta de restinga em Ilha Comprida (SP). *Cerne*, v. 15, n. 3, p.355–365.

SILVA, J.O.; FAGAN, E.B.; TEIXEIRA, W.F.; SOUSA, M.C.; SILVA, J.R. 2012. Análise do banco de sementes e da fertilidade do solo como ferramentas para recuperação de áreas perturbadas. *Revista Biotemas*, v. 25, n.1, p. 23-29.

SILVA, K. A.; SANTOS, D. M.; SANTOS, J.M.F.F.; ALBUQUERQUE, U. P.; FERRAZ, E. M. N.; ARAUJO, E. D. 2013. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, v. 46, p 25-32.

SIMPSON, R.L., M.A. LECK and V.T. PARKER. 1989. Seed banks: general concepts and methodological issues. p. 3-8 In: *Ecology of Soil Seed Banks*. M.A. Leck, V.T. Parker and R.L. Simpson Editors. Academic Press Inc, San Diego. 462 pp.

SOUZA, T.M.S.; LIMA, P.B.; ALMEIDA JR, E.B.; ALMEIDA, A.L.S.; ZICKEL, C.S. 2010. Densidade, germinação e flora do banco de sementes do solo da restinga da RPPN de Maracáipe, Pernambuco, Brasil. *Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos*, 439-454p.

SWAINE, M.D.; WHITMORE, T.C. 1998. On the definition of ecological species groups in tropical rainforest. *Vegetatio*, v. 5, p. 81-86.

TESFAYE, A.; TEKETAY, D.; ASSEFA, Y.; FETENE, M. 2004. The impact of fire on the soil seed bank and regeneration of Harena forest southeastern Ethiopia. *Mountain Research and Development*, v. 24, p. 354-361.

THOMPSON, K.; BAKKER, J.P.; BEKKER, R.M. 1998. Ecological correlates of seed persistence in soil in the north-west European flora. *Journal of Ecology*, v. 86, p. 163-169.

TODOROVIC, S.; GIBA, Z.; ZIVKOVIC, S.; GRUBISIC, D.; KONJEVIC, R. 2005. Stimulation of empress tree seed germination by liquid smoke. *Plant Growth Regul*, v. 47, p. 141–148.

UASUF, A.; TIGABU, M.; ODÉN, P.C. 2009. Soil seed banks and regeneration of Neotropical Dry Deciduous and Gallery Forests in Nicaragua. *Bios et Forêts des Tropiques*, v. 299, n. 1, p. 49-61.

VAN STADEN, J.; BROWN, N.A.C.; JAGER, A.K.; JOHNSON, T.A. 2000. Smoke as a germination cue. *Plant Species Biology*, v. 15, p. 167-178.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 24, p. 69-87.

VIEIRA, I.; J. PROCTOR, 2007. Mechanisms of plant regeneration during succession after shift shifting cultivation in eastern Amazonia. *Plant Ecology*, v. 192, p. 303-315.

VINHA, D.; ALVES, L.F.; ZAIDAN, L.B.P.; GROMBONE-GUARATINI, M.T. 2011. The potential of the soil seed bank for the regeneration of a tropical urbanforest dominated by bamboo. *Landscape and Urban Planning*, v. 90, p. 178-185.

WANG, J.; REN, H.; YANG, L.; LI, D.; GUO, Q. 2009. Soil seed banks in four 22-year-old plantations in South China: Implications for restoration. *Forest Ecology and Management*, v. 258, p. 2000-2006.

WILLIAMSON, G.B.; R.C.G. MESQUITA, 2001. Effects of fire on rain forest regeneration in the Amazon Basin. In: *Lessons from Amazonia: the Ecology and Conservation of a Fragmented Forest* (eds BIERREGAARD, R.O; GASCON, C. LOVEJOY, T. MESQUITA, R.C.G.), p. 325-334. Yale University Press, New Haven.

XAUD, H.A.M.; MARTINS, F.S.R.V.; SANTOS, J.R. 2013. Tropical forest degradation by mega-fires in the northern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 294, p. 97-106.

XAVIER, R.O. 2011. Dinâmica do banco de sementes em áreas de cerrado com distintos históricos de incêndio em São Carlos, SP. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, São Carlos.

ZAMITH, L.R.; SCARANO, F.R. 2004. Produção de mudas de espécies das restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 18, p. 161-176.

ZULOAGA-AGUILAR, S.; BRIONES, O.; OROZCO-SEGOVIA, A. 2011. Seed germination of montane forest species in response to ash, smoke and heat shock in Mexico. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, v.37, p. 256-262.

**Manuscrito****Um evento de fogo altera a dinâmica do banco de sementes do solo?**Angélica Cândida Ferreira<sup>a\*</sup>, Kleber Andrade da Silva<sup>b</sup>, Carmen Silvia Zickel<sup>c</sup>

Artigo a ser enviado a Forest Ecology and Management



## Um evento de fogo altera a dinâmica do banco de sementes do solo?

Angélica Cândida Ferreira<sup>a\*</sup>, Kleber Andrade da Silva<sup>b</sup>, Carmen Silvia Zickel<sup>c</sup>

### RESUMO

O banco de sementes do solo é uma importante fonte de regeneração natural em florestas tropicais. Neste contexto, a dinâmica interanual do banco de sementes do solo em um fragmento florestal de restinga, tipo de ecossistema costeiro do Brasil, foi avaliada após um evento de fogo. Em cada trecho de floresta (incendiada e não incendiada), a partir de cinco transectos de 90 m, foram coletadas 50 amostras de solo superficial (0-5 cm), nas estações secas e chuvosas durante dois anos consecutivos (2013 e 2014), totalizando 200 amostras em cada trecho da floresta. A composição e riqueza de espécies, bem como a densidade de sementes foram determinadas pelo método de emergência de plântulas. Foram encontradas 61 e 38 espécies e 190,2 e 141,6 sementes/m<sup>2</sup> no banco de sementes da área não incendiada e da área incendiada, respectivamente. Houve diferença significativa na composição e riqueza de espécies entre as áreas, estações climáticas (apenas na área não incendiada) e entre anos (apenas para a área incendiada). Não foram observadas diferenças significativas na densidade de sementes entre a área (incendiada e não incendiada). Os dados obtidos indicam que após uma perturbação por fogo menos intenso o banco de sementes encontrado no solo ainda representa uma importante fonte de sementes para a regeneração da floresta.

Palavras chaves: Restinga, Germinação Pós-fogo. Regeneração natural.

<sup>a</sup>Programa de Pós-graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE 52171-900, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Vitória de Santo Antão, PE 55608-680, Brasil.

<sup>c</sup>Departamento de Biologia, Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE 52171-900, Brasil.

\* Autor para correspondência: Programa de Pós-graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE 52171-900, Brasil.

Endereços de E-mail:

angelicacferrer@gmail.com (A.C.Ferreira)

kleberandradedasilva@hotmail.com (K.A.Silva)

zickelbr@yahoo.com (C.S.Zickel)

## 1. Introdução

As florestas tropicais têm passado por simultâneos processos de perturbação e recuperação em várias escalas espaciais e temporais (Chazdon, 2003, Vieira et al., 2012). Estudos em ecologia vegetal apontam para a existência de reduções significativas nas taxas de crescimento e sucesso reprodutivo da vegetação ao nível de comunidade e da paisagem, associadas à intensificação dos incêndios florestais e atividades de exploração não sustentável (Marod et al., 2002; Dainou et al., 2011; Xaud et al., 2013; Alvarado et al., 2014).

A recuperação de florestas secundárias após uma perturbação é função dos processos relacionados ao banco de sementes do solo, dispersão de sementes, rebrotamento de troncos danificados ou raízes, bem como através da presença do *pool* local de plântulas e indivíduos que sobreviveram ao distúrbio ou perturbação antrópica (regeneração adiantada) (Leck e Schutz, 2005; Burley et al., 2008; Chazdon et al., 2012). Desse modo, o estudo do banco de sementes do solo tem o potencial de fornecer dados sobre a dinâmica da comunidade vegetal (Fisher et al., 2009). E assim, pode auxiliar na compressão de aspectos sucessionais em comunidades vegetais submetidas aos impactos decorrentes de um distúrbio natural ou perturbações, tais como os incêndios florestais (Martins e Engel, 2007; Burley et al., 2008; Overdyck e Clarkson, 2012; Egawa e Tsuyusaki, 2013),

De acordo com a duração, frequência e intensidade dos incêndios, significativas alterações florísticas e de densidade foram observadas a partir do banco de sementes do solo em florestas tropicais úmidas (Martins e Engel, 2007; Chazdon, 2012). Logo, a riqueza de espécies e densidade de sementes acumuladas no solo têm sido menor em ambientes perturbados pelo fogo, em relação às áreas florestais conservadas (Cochrane e Schulze, 1997; Tesfaye et al., 2004; Wieland et al., 2011). Nesses ambientes, a ocorrência do fogo também estaria influenciando a predominância de sementes de espécies

intolerantes à sombra, de crescimento rápido, dominantes no início da sucessão, limitando a germinação de sementes de espécies sucessionais tardias (Baider et al., 1999; Menezes et al., 2004; Guedes et al., 2005; Martins e Engel, 2007; Melo et al., 2007).

Em floresta tropical de restinga, no entanto, os efeitos do fogo têm sido abordados em nível de comunidade, destacando-se trabalhos que avaliaram as alterações estruturais da vegetação estabelecida, com ênfase na regeneração pós-fogo da comunidade de plantas lenhosas (Araújo e Peixoto, 1977; Cirne e Scarano, 1996a, 2001b; Menezes e Araújo, 2004). Alguns trabalhos desenvolvidos em florestas de restinga ressaltam que o banco de sementes remanescente pode contribuir para a regeneração natural da floresta, em caso de perturbações em menor escala que permitam a permanência de propágulos viáveis no banco de sementes presente no solo (Guedes et al., 2005; Rodrigues, 2006; Souza et al., 2010; Braz et al., 2014).

Considerando então que uma perturbação por fogo influencia negativamente a composição florística e riqueza de espécies, assim como a densidade de sementes presentes no banco seminal do solo; e que variações sazonais anuais na precipitação também alteram a dinâmica do banco de sementes, este estudo pretende testar as seguintes hipóteses: (1) Existe heterogeneidade espacial (influenciada pela ocorrência de um evento de fogo) e temporal (influenciada pela sazonalidade climática) na composição florística, riqueza de espécies e densidade de sementes encontradas no banco do solo em anos consecutivos. (2) Após dois anos de avaliação, é possível prever que a riqueza de espécies e a densidade de sementes encontradas nas amostras da área de floresta incendiada serão menores logo após a ocorrência do incêndio, havendo recuperação desses parâmetros um ano após o evento de fogo. Estas hipóteses foram testadas a partir da avaliação do banco de sementes do solo de um fragmento florestal de Restinga localizado no Nordeste do Brasil, considerando as distintas condições ambientais (floresta incendiada e floresta não incendiada).

## 2. Material e métodos

### 2.2. Área de estudo

As amostras de solo foram coletadas na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Nossa Senhora do Outeiro de Maracaípe (IBAMA, 2000), que está localizada em uma área tropical sobre planície litorânea no sul do Estado brasileiro de Pernambuco, sob as coordenadas 08°31'48"S e 31°01'05"W (Almeida Jr. et al., 2009). O clima é tropical chuvoso do tipo As' (Koppen, 1948). A temperatura e o índice pluviométrico médios anuais são de 26° C, e 2000 mm, respectivamente. O período chuvoso ocorre de abril a setembro e o período seco vai de outubro a março (INMET, 2015). O total de precipitação registrado em 2013 e 2014, período de realização deste estudo, foi de 2034,1 mm e 2258,9 mm, respectivamente (Figura 1). Os dados pluviométricos foram fornecidos pela estação meteorológica de Ipojuca, através de consulta ao banco de dados *on-line* da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Essa estação está localizada a uma distância de aproximadamente 13,8 Km da área de estudo.

A vegetação estabelecida na RPPN de Maracaípe é composta por Restinga, podendo ser identificadas as fisionomias dos tipos floresta e campo (inundável e não inundável) (Medeiros et al., 2009). Estas fisionomias cobrem 80% da área, e os 20% restantes são cobertos por vegetação típica do ecossistema Manguezal, perfazendo uma área total de 70,21 ha (Almeida Jr. et al., 2009), inseridos numa matriz de cana-de-açúcar. Na fisionomia florestal, observa-se uma elevada diversidade de fanerófitos de grande porte, bem como o estabelecimento de diferentes estratos de árvores do sub-bosque, além de plântulas e ervas (Almeida Jr et al., 2009).

As diferenças observadas na arquitetura da vegetação entre os diferentes tipos de fisionomias encontradas na restinga de Maracaípe representam um passo fundamental para a regeneração desse ecossistema, pois, evidenciam uma elevada diversidade de espécies

capazes de colonizar habitats distintos (Almeida Jr et al., 2009; Scarano, 2002). Embora não haja endemismo, a plasticidade ecológica das espécies encontradas nas restingas brasileiras resulta em um centro de elevada diversidade vegetal no Brasil, sendo de particular preocupação para conservação ao nível mundial (Scarano, 2002).

Em 2013, parte da fisionomia florestal da Restinga inserida na RPPN de Maracaípe foi incendiada (INPE, 2014). O incêndio teve início em uma propriedade vizinha (persistindo por dois dias), durante o período seco e no mês de fevereiro, no qual a precipitação acumulada foi de apenas 20,8 mm, menor precipitação registrada durante o ano (APAC, 2015). O incêndio propagou-se pela área florestal avançando em faixa paralela à borda, com largura variando de 80 até cerca de 150 m, totalizando aproximadamente dois hectares de floresta incendiada. A queima atingiu a vegetação rasteira e de superfície, como as herbáceas, bem como arbustos e material combustível sob a superfície do solo (camada de serrapilheira). Além disso, foram observados danos significativos em árvores de grande porte, nas quais a folhagem foi totalmente destruída, provocando a morte de alguns indivíduos, e conseqüentemente a abertura de pequenas clareiras inseridas em uma matriz florestal (Figura 2). Contudo, o incêndio não causou perdas irreversíveis à vegetação da RPPN de Maracaípe (CPRH, 2013).

Na área florestal não incendiada, considerou-se uma distância mínima de 100 m a partir da linha de fogo para a coleta das amostras de solo. Não houve registro ou evidência de incêndio criminoso. No entanto, as atividades da população local e de visitantes, tais como o corte seletivo de madeira, formação de trilhas inadequadas (sem respaldo legal), lançamento de resíduos sólidos (lixo) além de outros fatores antrópicos podem ter favorecido a ocorrência deste evento. As coletas foram realizadas exclusivamente na fisionomia florestal, incluindo tanto o trecho de floresta incendiada quanto o trecho de floresta não incendiada.



### *2.3 Locais de amostragem*

O espaço amostrado apresenta duas condições ambientais distintas, sendo floresta incendiada e floresta não incendiada. Na fisionomia florestal determinada por Almeida Jr. et al. (2009), incluindo a área florestal incendiada, foram estabelecidos de forma sistemática cinco transectos de 90 m, paralelos e com distância de 10 m entre si. Cada transecto foi subdividido em 10 pontos e em cada um destes pontos, considerando o ponto zero, foi coletada uma amostra de solo (Pinheiro, 2013), totalizando 400 amostras (sendo 50 amostras em cada condição ambiental e nos períodos seco e chuvoso, em dois anos consecutivos). A coleta do solo foi realizada através da utilização de um coletor de 20 x 20 cm, a 5 cm de profundidade (sem a camada de serrapilheira). Nessa profundidade muitas sementes são depositadas por dispersores secundários (Andresen e Levey, 2004), sendo capazes de formar o banco de sementes. Estas amostras representaram um volume de 400,000 cm<sup>3</sup> e uma área total de 8 m<sup>2</sup> para cada condição ambiental avaliada.

As coletas foram iniciadas dois dias após a ocorrência do incêndio, tanto na área incendiada quanto na área não incendiada, nos períodos seco (Fevereiro) e chuvoso (Junho), em dois anos consecutivos (2013 e 2014). O solo coletado foi armazenado em sacos de polietileno devidamente identificados e transportado para a casa de vegetação do Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Cada amostra de solo foi colocada em bandejas de isopor (20 cm x 20 cm x 5 cm), previamente perfuradas e identificadas. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação por seis meses, sendo monitoradas e regadas diariamente (exceto quando o solo permaneceu encharcado). Esse período foi considerado, por que, em média, corresponde ao intervalo entre os meses com maiores e menores quantitativos de precipitação registrados para a área de estudo permitindo, assim, a comparação do efeito dessa variável entre as coletas da área não incendiada e da área incendiada.

Vinte amostras com solo esterilizado foram utilizadas como “controle” para detectar possíveis sementes contaminantes. Durante o estudo não houve registro de contaminação. A densidade de sementes foi obtida através da contagem de germinantes a partir da emergência de plântulas (Brow, 2002). O número de sementes foi expresso em sementes/m<sup>2</sup>, sendo estimado através do somatório cumulativo do número de germinantes por dia.

Plântulas emergentes que eram difíceis de identificar foram removidas da bandeja e plantadas em sacos próprios para mudas, para posterior identificação, quando possível. As espécies foram identificadas com base em coleções de herbário, literatura específica, auxílio de especialistas, bem como através de observações e coletas de material botânico realizadas em campo. Além disso, foram classificadas quanto ao hábito, através de consulta a base de dados *on-line* da Lista de Espécies da Flora do Brasil (2015), bem como em relação às suas estratégias de dispersão primária. As espécies arbóreo-arbustivas identificadas também foram classificadas quanto ao seu grupo de regeneração. A classificação com relação às estratégias de regeneração e de dispersão primária foi baseada em artigos publicados em revistas indexadas. Os nomes científicos das espécies foram atualizados de acordo com a base de dados *on-line* do The Plant List (2015) e da Lista de Espécies da Flora do Brasil (2015). A nomenclatura para famílias seguiu o APG III (2009). Plântulas não identificadas foram citadas como morfoespécies.

### 2.3 Análise estatística

Foi realizado o teste de Mantel (1967), usando o índice de correlação de Pearson ao nível de significância de 5%, através do programa PC-ORD 4 (Zar, 2010), para verificar se, embora obtidas de forma sistemática, as amostras de solo coletadas na área de estudo garantiram suficiência amostral.

A influência das distintas condições ambientais (floresta incendiada e floresta não incendiada), das estações (seca e chuvosa) e entre anos sobre a variação de riqueza de espécies e densidade de sementes germinadas foi verificada através do Modelo Linear Generalizado (GLM). Diferenças nos valores médios de riqueza e densidade entre as distintas condições ambientais, entre estações e entre anos foram avaliadas pelo teste de Tukey *a posteriori*, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas no programa Statistica versão 7.0.

Para comparar a composição florística do banco de sementes entre anos em relação às distintas condições ambientais e estações climáticas foi realizada uma análise de ordenação para dados biológicos (Escalonamento Multidimensional Não Métrico – NMDS), utilizando a matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis, considerando a densidade relativa das espécies encontradas nas 400 unidades amostrais obtidas na área de estudo. O teste de ANOSIM unidirecional foi utilizado para verificar a significância do agrupamento obtido no NMDS. As análises do NMDS e ANOSIM foram realizadas através do programa Primer versão 6.1.1 (Clarke e Gorley 2006).

### **3. Resultados**

#### *3.1. Composição florística e riqueza de espécies*

Um total de 70 espécies/morfoespécies de plantas vasculares de 35 famílias foram registradas a partir das amostras do banco de sementes do solo, sendo 61 espécies na fisionomia florestal não incendiada e 38 espécies na fisionomia florestal incendiada (Tabela 1). Das 70 espécies/morfoespécies encontradas no banco de sementes do solo, 32 foram exclusivas da área não incendiada, sendo 25 registradas na estação seca, três na estação chuvosa e quatro nas duas estações. Entre as espécies exclusivas dessa área, apenas três ocorreram nas duas estações climáticas (seca e chuvosa) e nos dois anos, sendo elas: *Discophora guianensis* (Stemonouraceae), *Mollugo verticillata* (Molluginaceae) e *Vismia*

*guianensis* (Hypericaceae). Já na área incendiada, foram registradas nove espécies exclusivas, sendo três espécies na estação seca, cinco espécies na estação chuvosa e apenas uma espécie nas duas estações. (Tabela 1).

Na área incendiada, considerando apenas a variação interanual, no ano I foram registradas 24 espécies e no ano II ocorreram 30 espécies, caracterizando um incremento de seis espécies um ano após a ocorrência do incêndio, sendo elas: *Anacardium occidentale*, *Eragrostis ciliaries*, *Ischnosiphon gracilis*, *Panicum* sp., *Trema micrantha*, além de uma morfoespécie.

Durante os dois anos foi verificado que um grupo de sete espécies apresentou ocorrência contínua no tempo (estações climáticas) e no espaço (floresta não incendiada e floresta incendiada), sendo elas: *Cecropia polystachya* (Urticaceae), *Cyperus esculentus* (Cyperaceae), *Croton* sp. (Euphorbiaceae), *Emilia sonchifolia* (Asteraceae), *Paspalum maritimum* (Poaceae), *Stachytarpheta cayennensis* (Verbenaceae) e *Vernonia* sp. (Asteraceae). Apenas 27 das espécies encontradas foram comuns a ambas as áreas (floresta não incendiada e floresta incendiada).

As famílias com maior riqueza de espécies foram Rubiaceae (6), Solanaceae (6), Poaceae (4), Asteraceae (3) e Cyperaceae (3). *Cyperus esculentus*, *Paspalum maritimum* e *Solanum americanum* foram as espécies herbáceas mais abundantes tanto na área não incendiada quanto na área incendiada, independente do ano avaliado. Considerando apenas as espécies arbóreo-arbustivas, a família dominante, foi Urticaceae, seguida de Euphorbiaceae, representadas por *Cecropia polystachya* e *Croton* sp., respectivamente. Uma expressiva abundância da erva *Paepalanthus bifidus* (Eriocaulaceae) foi registrada (38,72% e 20,38% germinaram na área não incendiada e na área comprometida pelo fogo, respectivamente). Em conjunto, estas seis espécies representaram 76,6% do número total de sementes germinadas.

Quanto ao hábito das espécies encontradas, na área não incendiada foram contabilizadas 26 ervas, 14 árvores, cinco trepadeiras, quatro arbustos e um subarbusto. Na área incendiada, 20 espécies são ervas, seis são árvores, quatro são trepadeiras e duas são arbustos (Tabela 1). Das 15 espécies arbóreo-arbustivas, 60% foram classificadas como pioneiras e 40%, como secundárias iniciais. As espécies não pioneiras representam 3,6% da densidade total de sementes encontradas no solo. Desse grupo, duas espécies pertencentes a esse grupo sucessional foram encontradas na área incendiada. Zoocoria foi a síndrome de dispersão predominante no banco de sementes do solo: 64,8% das plântulas foram oriundas de sementes dispersas por animais enquanto que apenas 35,1% foram de sementes dispersas pelo vento (Tabela 1).

A composição florística entre a área (incendiada e não incendiada) divergiu, porém com baixo valor global de similaridade ( $R_{\text{global}} = 0.075$ ;  $p = 0.001$ ; figura 2) e apenas 7% do agrupamento formado na análise de similaridade ANOSIM, foi explicado pela variável espaço (área incendiada e área não incendiada). Na área não incendiada houve variação sazonal na composição florística ( $R_{\text{Global}} = 0.139$ ;  $p = 0.001$ ; figura 4), mas entre anos, a composição florística foi semelhante ( $R_{\text{Global}} = 0.063$ ;  $p = 0.001$ ; figura 3). Já na área incendiada não houve variação sazonal ( $R_{\text{Global}} = 0.046$ ;  $p = 0.001$ ; figura 4), mas entre anos, a composição florística encontrada foi diferente ( $R_{\text{Global}} = 0.141$ ;  $p = 0.001$ ; figura 3).

A análise GLM mostrou que as variáveis espaço (floresta incendiada e floresta não incendiada) e estação climática, considerando as suas interações, explicaram em parte, as variações na riqueza de espécies (Tabela 2). Considerando os dois anos de avaliação, a riqueza média de espécies foi significativamente maior para a área não incendiada durante a estação seca do primeiro ano avaliado, em comparação com os demais conjuntos de espécies encontrados.

### 3.2. Densidade de sementes

Um total de 2.654 plântulas emergiram (165,8 sementes/m<sup>2</sup>) a partir de todas as amostras de solo em dois anos de estudo. Deste total, 1.521 (190,2 sementes/m<sup>2</sup>) germinaram na área não incendiada, sendo 1.014 (253,5 sementes/m<sup>2</sup>) e 507 (126,7 sementes/m<sup>2</sup>) registradas para o ano I e para o ano II, respectivamente. A análise isolada das estações climáticas mostrou que para a floresta não incendiada emergiu um total de 1.065 plântulas (266,2 sementes/m<sup>2</sup>) nas estações secas e 456 (114 sementes/m<sup>2</sup>) nas estações chuvosas. Para a área incendiada emergiu um total de 1.133 (141,6 sementes/m<sup>2</sup>) plântulas. Durante o ano I foi registrada a densidade de 568 (142 sementes/m<sup>2</sup>), similar à encontrada no ano II com 565 sementes germinadas (141,2 sementes/m<sup>2</sup>). Nessa área, emergiu um total de 661 plântulas (165,2 sementes/m<sup>2</sup>) nas estações secas e 472 plântulas (118 sementes/m<sup>2</sup>) nas estações chuvosas.

Não foram encontradas diferenças significativas na densidade total de sementes germinadas entre a área (incendiada e não incendiada). Todavia, foi registrada diferença significativa na densidade de sementes registrada na área não incendiada do ano I, onde a estação seca deteve o maior número de germinantes registrado a partir de todas as amostras (Figura 4).

## 4. Discussão

### 4.1. Efeito do fogo sobre o banco de sementes do solo

As pesquisas desenvolvidas acerca da contribuição do banco de sementes do solo na recuperação da vegetação têm demonstrado que perturbações antrópicas influenciam negativamente a riqueza de espécies e a densidade de sementes acumuladas no solo (Tesfaye et al., 2004; Melo et al., 2007; Fischer et al., 2009; Dainou et al., 2011; Vinha et al., 2011). Por exemplo, o fogo não natural prejudica o potencial de regeneração em ecossistemas tropicais porque é um dos fatores que contribui para a redução de

determinadas populações no banco de sementes do solo e alterações na composição de espécies (Cochrane e Schulze, 1977; Cochrane, 2003; Marod et al., 2002; Hooper et al., 2004; Chazdon et al., 2012; Camargos et al., 2013). Resultado semelhante também foi encontrado neste estudo, pois a riqueza do banco de sementes da fisionomia florestal incendiada foi menor em relação à riqueza encontrada na fisionomia florestal não incendiada. Em contraste, a densidade do banco de sementes não foi alterada pelo fogo e, um ano após o incêndio a densidade de sementes encontrada na fisionomia florestal incendiada permaneceu semelhante ao valor registrado para a fisionomia florestal não incendiada. No entanto, com um aumento na quantidade de sementes de espécies compartilhadas com a fisionomia florestal não impactada pelo fogo. Apesar disso, a composição florística do banco de sementes diferiu significativamente entre a floresta (incendiada e não incendiada).

Outros estudos mostram que a densidade de sementes é significativamente menor em florestas tropicais perturbadas pelo fogo (Uhl et al., 1981; Cochrane e Schulze, 1997; Marod et al., 2002; Kennard et al., 2002; Melo et al., 2007; Camargos et al., 2013). Melo et al. (2007) registraram redução em cerca de 62% da densidade de sementes em área submetida à incêndio. Cochrane (2003) demonstrou que em florestas tropicais, o fogo, em média, reduz em 60% a densidade de sementes viáveis nos primeiros 1,5 cm do solo. Esta tendência não foi encontrada nesse estudo, pois a densidade de sementes de *Emilia sonchifolia*, *Bulbostylis capillaris*, *Cecropia polystachya*, *Paepalanthus bifidus*, *Paspalum maritimum* e *Solanum americanum* foi elevada, independente da condição ambiental avaliada.

A persistência e maior representatividade de sementes desse grupo de espécies em ambos os bancos (incendiado e não incendiado), pode ser explicada pela baixa intensidade do fogo, sugerindo que o incêndio pode ter sido indiferente à germinação de sementes

pioneiras mais resistentes. Ao contrário, a maioria das espécies secundárias iniciais registradas nesse estudo, emergiu a partir das sementes armazenadas no banco do solo da fisionomia florestal não incendiada, com exceção de *Buchenavia tetraphylla* e *Ocotea gardneri*, ambas germinaram nas amostras da floresta incendiada, entretanto, apenas no ano subsequente ao incêndio. Isso sugere que a intensidade do fogo foi suficiente para reduzir o sucesso germinativo de algumas espécies importantes em estágios mais avançados da sucessão.

Em contrapartida, o fogo pode ter favorecido a germinação de outras espécies comuns nas florestas tropicais úmidas em regeneração, pois a densidade de sementes de *Croton* sp. foi 90,2% superior em comparação com a densidade encontrada no banco do solo da fisionomia florestal não incendiada, igualmente foi observado para *Microtea paniculata*, que apresentou densidade 77,6% superior nas amostras de solo da fisionomia florestal incendiada, embora *M. paniculata* esteja entre as 18 espécies que apresentaram primeira ocorrência registrada para a restinga avaliada. Neste caso, o fogo não foi suficiente para eliminar a viabilidade dessas sementes após um incêndio de menor intensidade. Camargos et al. (2013) demonstraram que a densidade de sementes da pioneira arbustiva *Piper guadichaudianum* aumentou no solo exposto ao fogo, em comparação com a quantidade de sementes registradas antes do fogo, o que foi atribuído a resistência dessas sementes ao fogo de baixa intensidade, além de sua elevada representatividade na vegetação adulta.

A pioneira arbórea predominante na área de floresta (incendiada e não incendiada) foi *Cecropia polystachya*. Espécies de *Cecropia* são tipicamente encontradas durante os estágios iniciais da sucessão, sendo muito frequentes em outros estudos que avaliaram o banco de sementes nas florestas tropicais (Baider et al., 1999; Grombone-Guaratini et al., 2004; Vinha et al., 2011; Wieland et al., 2011; Melo et al., 2007; Camargos et al., 2013;



Leal-Filho et al., 2013). Holthuijzen e Boerboom (1982) explicam a predominância de árvores do gênero *Cecropia* no banco de sementes de áreas antropizadas pelo fato de que essas espécies necessitam de elevada incidência luminosa para germinar. Esta condição foi observada na área florestal incendiada, onde a queima da vegetação resultou em um dossel de copas mais esparsas, possibilitando um ambiente mais iluminado, semelhante à disponibilidade de luz a que o solo coletado foi submetido durante o período de avaliação do banco de sementes em casa de vegetação. Isso significa que nas duas condições de floresta (incendiada e não incendiada), o banco de sementes acumulou maiores proporções de sementes de espécies pioneiras, intolerantes à sombra, que em condições de pouca luz, (floresta não incendiada), permanecem latentes no solo até que a abertura do dossel torne mais heterogênea a disponibilidade de luz, refletindo em condições favoráveis ao estabelecimento desse grupo de espécies. Além disso, as pequenas, numerosas e longevas sementes de espécies do gênero *Cecropia* são dispersas por uma gama maior de animais (Lobova et al., 2003), possibilitando que o banco e sementes seja constantemente adensado.

Nesse contexto, os efeitos do fogo sobre a composição florística, a riqueza e a densidade do banco de sementes estão associados às características do incêndio, que são determinantes para sobrevivência das sementes acumuladas no solo após um evento de fogo. Como a heterogeneidade espacial decorrente do incêndio afetou a composição de espécies, o banco de sementes remanescente provavelmente irá favorecer a colonização da área avaliada por maiores proporções de espécies não lenhosas e pioneiras iniciais presentes ou recém-chegadas ao banco de sementes. Entretanto, com o período decorrido desde o incêndio, duas espécies secundárias iniciais foram registradas na composição florística do banco de sementes da fisionomia florestal incendiada, o que indica que a presença e proximidade de vegetação conservada, adjacente à fisionomia florestal atingida

pelo fogo, irão acelerar a regeneração natural desse ecossistema após perturbação por um incêndio menos intenso.

#### 4.2. Efeito da variação temporal sobre o banco de sementes do solo

Neste estudo, a composição florística, riqueza de espécies e densidade encontradas no banco de sementes do solo, foram influenciadas pelas variações sazonais na precipitação.

Considerando isoladamente o banco de sementes da fisionomia florestal não incendiada, foi verificado que a riqueza de espécies e a densidade de sementes encontradas nessa condição ambiental, apresentaram diferença significativa entre as estações climáticas, considerando apenas o primeiro ano de avaliação do banco presente no solo, pois no ano subsequente não foram registradas diferenças significativas nos valores de riqueza de espécies e densidade de sementes em função da variação sazonal. As diferenças de riqueza e densidade observadas para o banco de sementes encontrado nessa fisionomia florestal foram decorrentes do conjunto de espécies registrado durante a estação seca do primeiro ano de avaliação do banco de sementes do solo e do maior número de sementes germinadas da erva *Paepalanthus bifidus*, respectivamente. Esta espécie foi registrada nas estações secas em ambos os bancos (incendiado e não incendiado) correspondentes aos dois anos de estudo, apresentando considerável redução na densidade de sementes germinadas durante as estações chuvosas avaliadas. Isso sugere que esta espécie dispersa suas sementes na estação chuvosa, incrementando o banco de sementes na estação seca. Além disso, formam adensadas populações em diferentes pontos da vegetação estabelecida o que pode ter favorecido maior deposição de sementes nos arredores dessas populações.

Diferente do observado para o banco de sementes da fisionomia florestal não incendiada, não houve diferença significativa em função das variações sazonais sobre a riqueza de espécies e densidade de sementes encontradas na fisionomia florestal

incendiada em anos consecutivos. Entretanto, a composição de espécies encontrada no banco de sementes da fisionomia florestal incendiada foi diferente entre os anos. Isto pode ter ocorrido devido ao maior número de espécies registrado no ano subsequente ao incêndio durante a estação seca e, no ano que obteve a maior precipitação anual (2.258,9 mm), em comparação com o ano anterior. Contudo, a ausência de maiores interações entre os períodos de coleta pode refletir a condição relativamente homogênea dessa floresta tropical úmida, na qual a sazonalidade não se mostra efetiva (Medeiros et al. 2007).

Alguns trabalhos desenvolvidos sobre o banco de sementes em florestas tropicais ressaltam que a riqueza de espécies e densidade de sementes é maior durante a estação seca e que a composição florística reflete diferenças associadas a esta estação (Grombone-Guaratini et al., 2004; Martins e Engel, 2007; Pinheiro, 2013). Para estes autores a maior proporção de sementes encontrada durante o período seco está relacionada com uma maior taxa de dispersão de sementes nesta estação. Esta tendência também foi encontrada neste estudo, pois a maioria das espécies em ambos os bancos (incendiado e não incendiado), foram encontradas apenas na estação seca ou apresentaram densidade inferior durante o período chuvoso, o que sugere que essas espécies podem compor o banco de sementes transitório (Thompson et al., 1997).

Desta forma, nós verificamos que a composição florística, riqueza de espécies e a densidade de sementes encontradas no banco de sementes do solo da fisionomia florestal incendiada e da fisionomia florestal não incendiada são influenciadas pela variação espaço-temporal após perturbação por fogo. Assim, pode-se afirmar que todas as variáveis testadas neste estudo explicam em parte o comportamento do banco encontrado no banco de sementes. Além disso, os dados obtidos indicam que a intensidade do fogo pode ter sido determinante para a redução de determinadas populações de espécies que possuem

sementes mais sensíveis, mas indiferente ou favorável à germinação de sementes mais resistentes.

## Referências

- Almeida JR. E.B., Olivo, M.A., Araújo, E.L., ZICKEL, C.S. 2009. Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracaípe, PE, Brasil, com base na fisionomia, flora nutrientes do solo e lençol freático. *Acta Botânica Brasilica* 23(1), 36-48.
- Alvarado, S.T., Buisson, E., Rabarison, H., Rajeriarison, C., Birkinshaw., lowryii, P.P., Morellato, L.P.C. 2014. Fire and the reproductive phenology of endangered Madagascar sclerophyllous tapia woodlands. *South African Journal of Botany* 94, 79-87.
- Andresen, E., Levey, D.J., 2004. Effects of dung and seed size on secondary dispersal, seed predation, and seedling establishment of rain forest trees. *Oecologia* 139(1), 45-54.
- APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. 2015. Disponível em [www.apac.pe.gov.br](http://www.apac.pe.gov.br). (Acesso em: 15/07/2015).
- Angiosperm Phylogenetic group. An update of the Angiosperm Phylogenetic Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. 2009. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161 (4), 105-121.
- Araujo, D.S.D., Peixoto, A.L. 1977. Renovação de uma comunidade vegetal de restinga após queimada. Pp. 117. In: XXVII Congresso Nacional de Botânica. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro.
- Baider, C., Tabarelli, M., Mantovani, W. 1999. O banco de sementes de um trecho de Floresta Atlântica de Montana (São Paulo, Brasil). *Revista Brasileira de Biologia* 59, 319-328.
- Borges, S.H., Stouffer, P.C. 1999. Bird communities in two types of anthropogenic successional vegetation in Central Amazônia. *Condor* 101, 529-536.
- Braz, M.I.G., Rodin, P., Mattos, E.A., 2014. Soil seed bank in a patchy vegetation of coastal sandy plains in southeastern Brazil. *Plant Species Biology* 29, 40–47.
- Brown, D., 1992. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. *Canadian Journal of Botany* 70, 1603-1612.
- Burley, S., Robinson, S.L., Leck, J.T.L., M.A., Schütz, W., 2008. Post-hurricane vegetation recovery in an urban forest Regeneration of Cyperaceae, with particular reference to seed ecology and seed banks. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 7, 95–133.
- Camargos, V.L., Martins, S.V., Ribeiro, G.A., Carmo, F.M.S., Silva, A.F. 2013. Influência do fogo no banco de sementes do solo em floresta Estacional Semidecidual. *Ciência Florestal* 23, (1) 19-28.
- Chazdon, R.L., 2003. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6(1-2), 51-71

- Chazdon, R.L., 2012. Tropical forest regeneration. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.* 7(3), 195-218.
- Cirne, P., Scarano, F. R. 1996. Rebrotamento após fogo de *Andira legalis* (Leguminosa) em restinga fluminense. In: H. S. Miranda, Sato & B. F. S. Dias (orgs.), *Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga*. UnB, pp. 128-136.
- Cirne, P., Scarano, F.R. 2001. Resprouting and growth dynamics after fire of the clonal shrub *Andira legalis* (Leguminosae) in a sandy coastal plain in south-eastern Brazil. *Journal of Ecology* 89, 351-357.
- Cochrane, M.A., M.D. Schulze, 1997. Fire as a recurrent event in tropical forests of the eastern Amazon: effects on forest structure, biomass, and species composition. *Biotropica* 31(1), 2-16.
- Cochrane, M.A. 2003. Fire Science for rainforests. *Nature* 421, 913-919.
- Dainou, K., Bauduin, A., Bourland, N., Gillet, J.F., Fétéké, F., Doucet, J.L. 2011. Soil seed bank characteristics in Cameroonian rainforests and implications for post-logging forest recovery. *Ecological Engineering* 37, 1499-1506.
- Egawa, C., Tsuyuzaki, S., 2013. The effects of litter accumulation through succession on seed bank formation for small- and large-seeded species *Journal of Vegetation Science* 24, 1062–1073.
- Fisher, J.L., Loneragan, W.A., Dixon, K., Veneklaas, E.J. 2009. Soil seed bank compositional change constrains biodiversity in a invaded species-rich woodland. *Biological Conservation* 142, 256-269.
- Garwood, N.C. Tropical Soil Seed Banks: A Review. *Ecology of Soil Seed Banks*, p.149-204, 1989.
- Guedes, D., Barbosa, L.M., Martins, S.E., Barbosa, J.M. 2005. Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de fragmentos de floresta de restinga no município de bertioga-SP. *17* (2), 143-150.
- Holthuijzen, M.A., Boerboom, J.H.A. 1982. The *Cecropia* seed bank in the Surinam lowland rain forest. *Biotropica* 14 (1), 62-68.
- IBAMA 2000. Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis. Portaria N° 58 de 26 de setembro de 2000. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/>.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2014. Disponível em [www.inpe.br](http://www.inpe.br). (Acesso em: 23/01/2014).
- Koppen, W. 1948. *Climatologia: com un estudio de los climas de la tierra*. Mexico, Fondo de Cultura Economica.

- Leal-Filho, N., Sena, J.S., Santos, G.R. 2013. Variações espaço-temporais no estoque de sementes do solo na floresta amazônica. *Acta Amazônica* 43 (3), 305- 314.
- Leck, M.A., W. Schütz. 2005. Regeneration of Cyperaceae, with particular reference to seed ecology and seed banks. *Pers. Plant Ecol. Evol. Syst* 7, 95–133.
- Lobova, T.A., Mori, S.A., Blanchard, F., Peckham, H., Charles-Dominique, P. 2003. *Cecropia* as a food resource for bats in French Guiana and the significance of fruit structure in seed dispersal and longevity. *American Journal of Botany* 90(3), 388-403.
- Mantel, N., 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Research* 27, 209-220.
- Marod, D., Kutintara, U., Tanaka, H., Nakashikuza, T., 2002. The effects of drought and fire on seed and seedling dynamics in a tropical seasonal Forest in Thailand. *Plant Ecology* 161(1), 41-57.
- Martins, A.M., Engel, V.L. 2007. Soil seed banks in tropical forest fragments with different disturbance histories in southeastern Brazil. *Ecological Engineering* 31, 165-174.
- Matos, D.M.S., Belinato, T.A. 2010. Interference of *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon. (Dennstaedtiaceae) on the establishment of rainforest trees. *Brazilian Journal of Biology* 2, 311-316.
- Melo, A.C.G., Durigan, G., GORENSTEIN, M.R. 2007. Efeito do fogo sobre o banco de sementes em faixa de borda da floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. *Acta bot. Bras.* 21 (4), 927-934.
- Menezes, L.F.T., Araujo, D.S.D, 2004. Regeneração e riqueza da formação arbustiva de Palmae em uma cronosequência pós-fogo na Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil *Acta bot. bras.* 18(4), 771-780.
- Menezes, L.F.T.; Araújo, D.S.D. 2004. Regeneração e riqueza da formação arbustiva de Palmae em uma cronosequência pós-fogo na Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18, 771-780.
- Miller, P. M. 1999. Effects of deforestation on seed banks in a tropical deciduous forest of western México. *Journal of Tropical Ecology*, 15, 179-188, 1999.
- Overdyck, E., Clarkson, B.D. Seed rain and soil seed banks limit native regeneration within urban forest restoration plantings in Hamilton City, New Zealand. 2012. *Journal of Ecology* 36(2), 177-190.
- Pinheiro, T.S. 2013. **Variação espaço-temporal do banco de sementes do solo de duas florestas de Restinga do Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife.

- Rodrigues, M.A. 2006. **Avaliação da chuva e banco de sementes em áreas de restinga, morfoecologia e potencial biótico de espécies ocorrentes nestes locais.** Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho.
- Sanchez, E., Gallery, R., and Dalling, J.W. 2009. The importance of nurse logs as a substrate for the regeneration of pioneer tree species on Barro Colorado Island, Panama *Journal of Tropical Ecology* 25, 429-437.
- Scarano, F. R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rain forest. *Ann. Bot.* 90, 517–524.
- Souza, T.M.S., Lima, P.B., Almeida Jr, E.B., Almeida, A.L.S., Zickel, C.S. 2010. Densidade, germinação e flora do banco de sementes do solo da restinga da RPPN de Maracaípe, Pernambuco, Brasil. Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos, 439-454p.
- Swaine, M.D., Whitmore, T.C., 1998. On the definition of ecological species groups in tropical rainforest. *Vegetatio* 75, 81-86.
- Tesfaye, A., Teketay, D., Assefa, Y., Fetene, M. 2004. The impact of fire on the soil seed bank and regeneration of Haremma forest southeastern Ethiopia. *Mountain Research and Development* 24, 354-361.
- Uhl, C., Clark, K., Clark, H., Murphy, P., 1981. Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro Region of the Amazon Basin. *J. Ecol.* 69(2), 631-649.
- Vázquez-Yanes, C., Orozco-Segovia, A., 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24, 69-87.
- Vieira, I.C.G.; Gardner, T.A. 2012. Florestas secundárias tropicais: ecologia e importância em paisagens antrópicas. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat* 7 (3), 191-194.
- Vinha, D., Alves, L.F.; Zaidan, L.B.P., Grombone-Guaratini, M.T. 2011. The potential of the soil seed bank for the regeneration of a tropical urbanforest dominated by bamboo. *Landscape and Urban Planning* 90, 178-185.
- Wieland, L.M., Mesquita, R.C.G., Bobrowiec, P.E.D., Bentos, T.V., Williamson, G.B. 2011. Seed rain and advance regeneration in secondary succession in the Brazilian Amazon. *Tropical Conservation Science* 4 (3), 300-316.
- Xaud, H.A.M., Martins, F.S.R.V., Santos, J.R., 2013. Tropical forest degradation by mega-fires in the northern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management* 294, 97–106.
- Zar, J. H., 2010. *Biostatistical analysis: 5th ed.:* 1-499. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.



**Tabela 1.** Lista de espécies e densidade de sementes do banco do solo na área incendiada (IN) e na área não incendiada (NIN) na restinga de Maracaípe. O grupo de regeneração (GR) e as síndromes de dispersão (SD) para as espécies arbustivo-arbóreas são designados como segue: P = pioneiras; SI = secundárias iniciais; A = anemocoria; Z = zoocoria. Número de indivíduos por espécie encontrada em cada área, no período seco (NIS) e no período chuvoso (NIC) em anos consecutivos (I e II).

Família/Espécies	Hb	GR	SD	NIS				NIC			
				IN I	NIN I	IN II	NIN II	IN I	NIN I	IN II	NIN II
ANACARDIACEAE											
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Arv	P	Z	-	-	1	-	-	-	-	-
ARACEAE											
<i>Anthurium</i> sp.	Erv	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-
<i>Philodendron imbe</i> Schott ex Kunth	Tre	-	Z	3	1	1	3	-	1	-	-
ARALIACEAE											
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyer. & Frodin	Arv	P	Z		2	-	-	-	-	-	-
ASTERACEAE											
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	Erv	-	A	10	18	2	2	5	-	4	3
<i>Cyanthillium cinereum</i> (L.) H.Rob.	Erv	-	A	-	-	19	2	1	-	9	2
<i>Vernonia</i> sp.	Erv	-	A	1	-	-	4	1	4	1	-
BROMELIACEAE											
Bromeliaceae	Erv	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
CANNABACEAE											
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Arv	P	Z	-	-	1	-	-	-	-	-
COMBRETACEAE											
<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) R.A.Howard	Arv	SI	Z	-	-	1	-	-	-	-	2
COSTACEAE											
<i>Costus spiralis</i> (Jacq.) Roscoe	Erv	-	Z	-	-	-	-	-	2	-	-
CYPERACEAE											
<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) C.B.Clarke	Erv	-	A	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Erv	-	A	39	59	11	26	-	18		53
<i>Cyperus laxis</i> Lam.	Erv	-	A	1	-	-	-	-	-	-	-



Tabela 1. *Continuação.*

Família/Espécies	Hb	GR	SD	NIS				NIC			
				IN	NIN	IN	NIN	IN	NIN	IN	NIN
				I	I	II	II	I	I	II	II
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	Arb	P	Z	-	4	-	-	-	-	-	7
MOLLUGINACEAE											
<i>Mollugo verticillata</i> L.	Erv	-	-	-	1	-	-	-	1	-	3
MORACEAE											
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Arv	P	Z	-	-	-	1	-	-	-	-
MYRTACEAE											
<i>Myrcia</i> sp.	Arv	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
OXALIDACEAE											
<i>Oxalis cytisoides</i> C. Mart. & Zucc.	Erv	-	Z	2	3	18	-	-	-	-	-
PHYTOLACCACEAE											
<i>Microtea paniculata</i> Moq.	Erv	-	Z	15	13	17	-	20	13	38	-
POACEAE											
Poaceae	Erv	-	A	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R.Br.	Erv	-	A	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Panicum</i> sp.	Erv	-	A	-	-	-	-	-	-	3	-
<i>Paspalum maritimum</i> Trin	Erv	-	A	38	13	2	14	144	56	16	57
RUBIACEAE											
<i>Borreria</i> sp.	Erv	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Mitracarpus</i> sp.	Erv	-	-	-	8	-	-	2	2	-	7
<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	Erv	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-
<i>Psychotria</i> sp.	Arb	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2
<i>Richardia grandiflora</i> (Cham. & Schltdl.) Steud.	Erv	-	Z	-	2	-	3	2	4	-	-
<i>Spermacoce laevis</i> Lam.	Erv	-	Z	-	4	-	-	-	-	-	-
SALICACEAE											
<i>Casearia javitensis</i> Kunth	Arv	SI	Z	-	-	-	-	-	-	-	1
SAPINDACEAE											
Sapindaceae	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-

Tabela 1. *Continuação.*

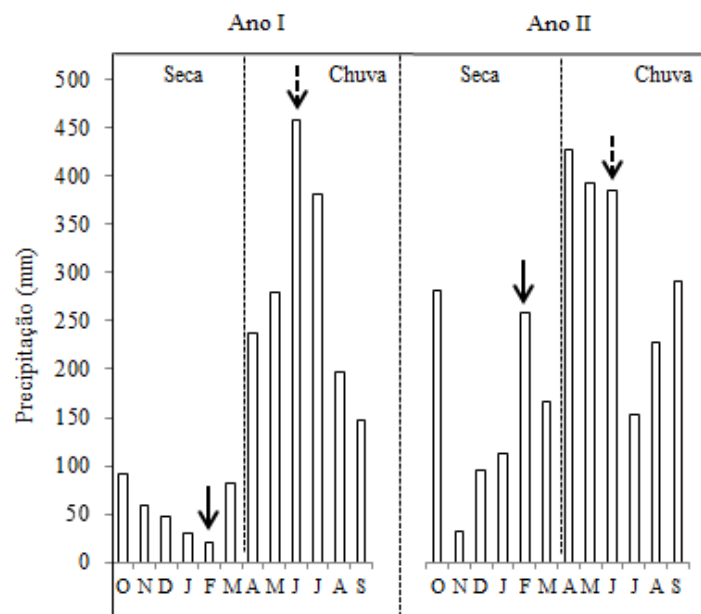
Família/Espécies	Hb	GR	SD	NIS				NIC			
				IN	NIN	IN	NIN	IN	NIN	IN	NIN
				I	I	II	II	I	I	II	II
SAPOTACEAE											
<i>Manilkara salzmannii</i> (A.DC.) H.J.Lam	Arv	SI	Z	-	1	-	-	-	-	-	-
SOLANACEAE											
<i>Nicotiana</i> sp.	Erv	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Solanaceae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Solanum americanum</i> Mill.	Erv	-	Z	18	2	44	11	-	-	48	56
<i>Solanum asperum</i> Rich.	Arb	P	Z	1	-	2	3	-	-	4	-
<i>Solanum</i> sp.1	-	-	-	4	-	3	1	2	-	-	1
<i>Solanum</i> sp.2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
STEMONOURACEAE											
<i>Discophora guianensis</i> Miers	Arv	SI	Z	-	2	-	-	-	1	-	1
URTICACEAE											
<i>Cecropia polystachya</i> Trécul	Arv	P	Z	30	40	50	89	91	66	15	48
VERBENACEAE											
Verbenaceae	Erv	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl	Erv	-	Z	-	2	5	1	1	6	-	8
VITACEAE											
<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C.E.Jarvis	Tre	-	Z	-	-	1	1	-	-	1	-
INDETERMINADAS											
Morfoespécie 1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-
Morfoespécie 2	Arv	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Morfoespécie 3	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
Morfoespécie 4	Tre	-	-	-	-	4	1	-	-	2	-
Morfoespécie 5	Arv	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Morfoespécie 6	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Morfoespécie 7	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-

Tabela 1. *Continuação.*

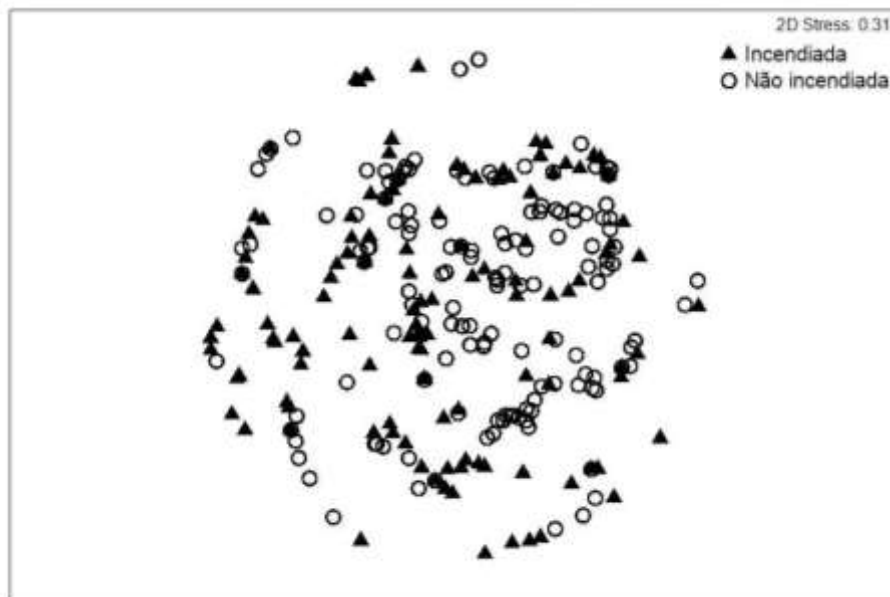
Família/Espécies	Hb	GR	SD	NIS				NIC			
				IN	NIN	IN	NIN	IN	NIN	IN	NIN
				I	I	II	II	I	I	II	II
Morfoespécie 8	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Morfoespécie 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Morfoespécie 10	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Morfoespécie 11	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Total				288	829	373	236	280	185	192	271

Tabela 2. Análise GLM mostrando a influência do espaço florestal amostrado (incendiado e não incendiado), ano, estação climática e suas interações sobre a densidade e riqueza do banco de sementes do solo em uma área de Restinga no Nordeste do Brasil. Valores de P em negrito denotam diferença significativa (GL = grau de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = teste de Fisher; P = Significância)

Variáveis	Densidade					Riqueza				
	GL	SQ	QM	F	P	GL	SQ	QM	F	P
Intercepto	1	17609.29	17609.29	155.9429	0.000000	1	1980.250	1980.250	687.7086	0.000000
Ano	1	650.25	650.25	5.7584	<b>0.016876</b>	1	0.640	0.640	0.2223	0.637584
Estação	1	1592.01	1592.01	14.0984	<b>0.000200</b>	1	54.760	54.760	19.0173	<b>0.000017</b>
Espaço	1	376.36	376.36	3.3329	0.068666	1	73.960	73.960	25.6851	<b>0.000001</b>
Ano*Estação	1	640.09	640.09	5.6685	<b>0.017750</b>	1	22.090	22.090	7.6715	<b>0.005877</b>
Ano*Espaço	1	635.04	635.04	5.6237	<b>0.018201</b>	1	7.290	7.290	2.5317	0.112386
Estação*Espaço	1	441.00	441.00	3.9054	<b>0.048833</b>	1	2.890	2.890	1.0037	0.317047
Ano*Estação*Espaço	1	1814.76	1814.76	16.0710	<b>0.000073</b>	1	31.360	31.360	10.8908	<b>0.001055</b>
Erro	392	44265.20	112.92			392	1128.760	2.879		
Total	399	50414.71				399	1321.750			

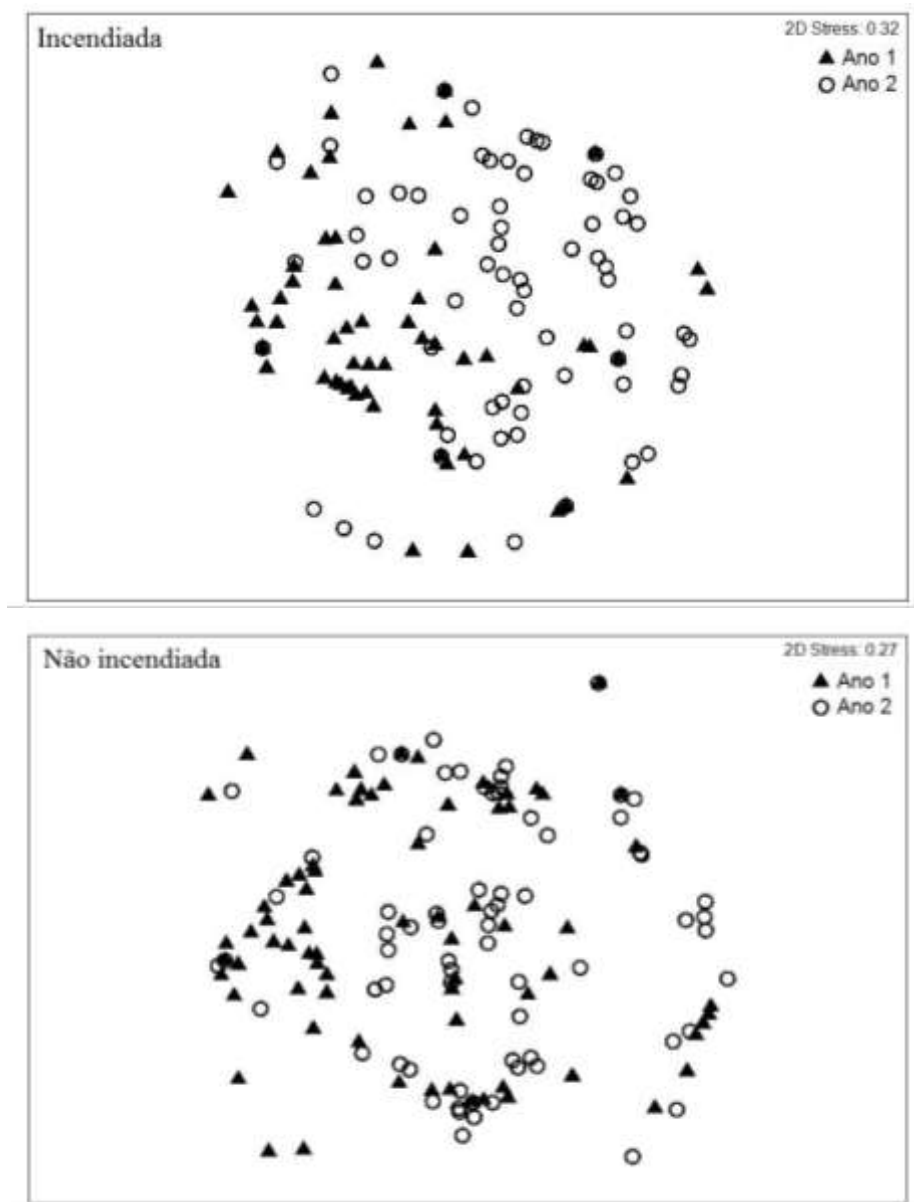


**Fig. 1.** Precipitação mensal e total de precipitação durante a estação seca e chuvosa durante dois anos. Setas com linhas cheias indicam as amostras coletadas nas estações secas e setas com linhas tracejadas indicam amostras coletadas nas estações chuvosas. Dados fornecidos pela estação meteorológica de Ipojuca, Pernambuco, Brasil.

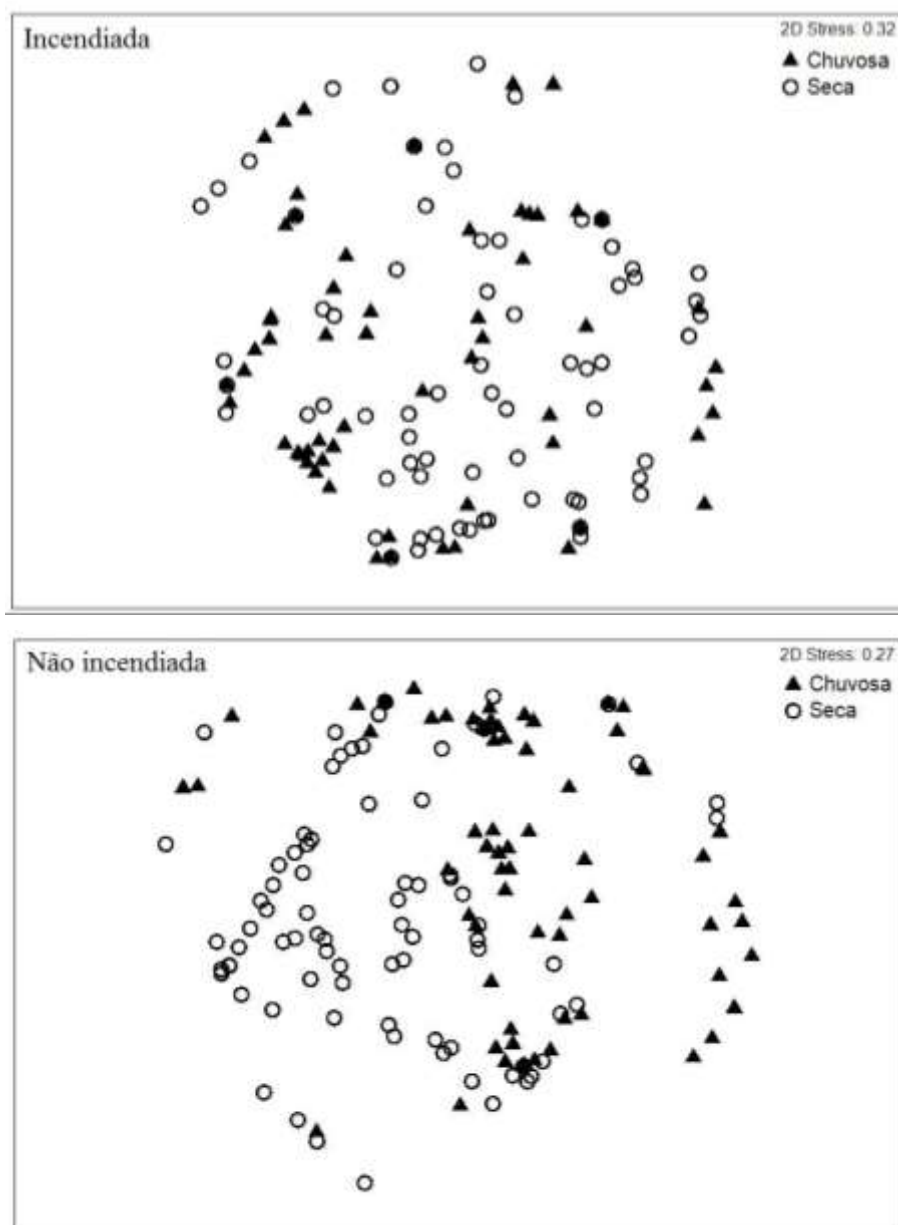


**Figura 2.** Ordenação multidimensional não métrica (NMS) ilustrando a composição florística resultante das sementes germinadas a partir do banco de sementes do solo em áreas de floresta de restinga incendiada (triângulos) e não incendiada (círculos), durante dois anos, com base na riqueza de espécies por área. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas.

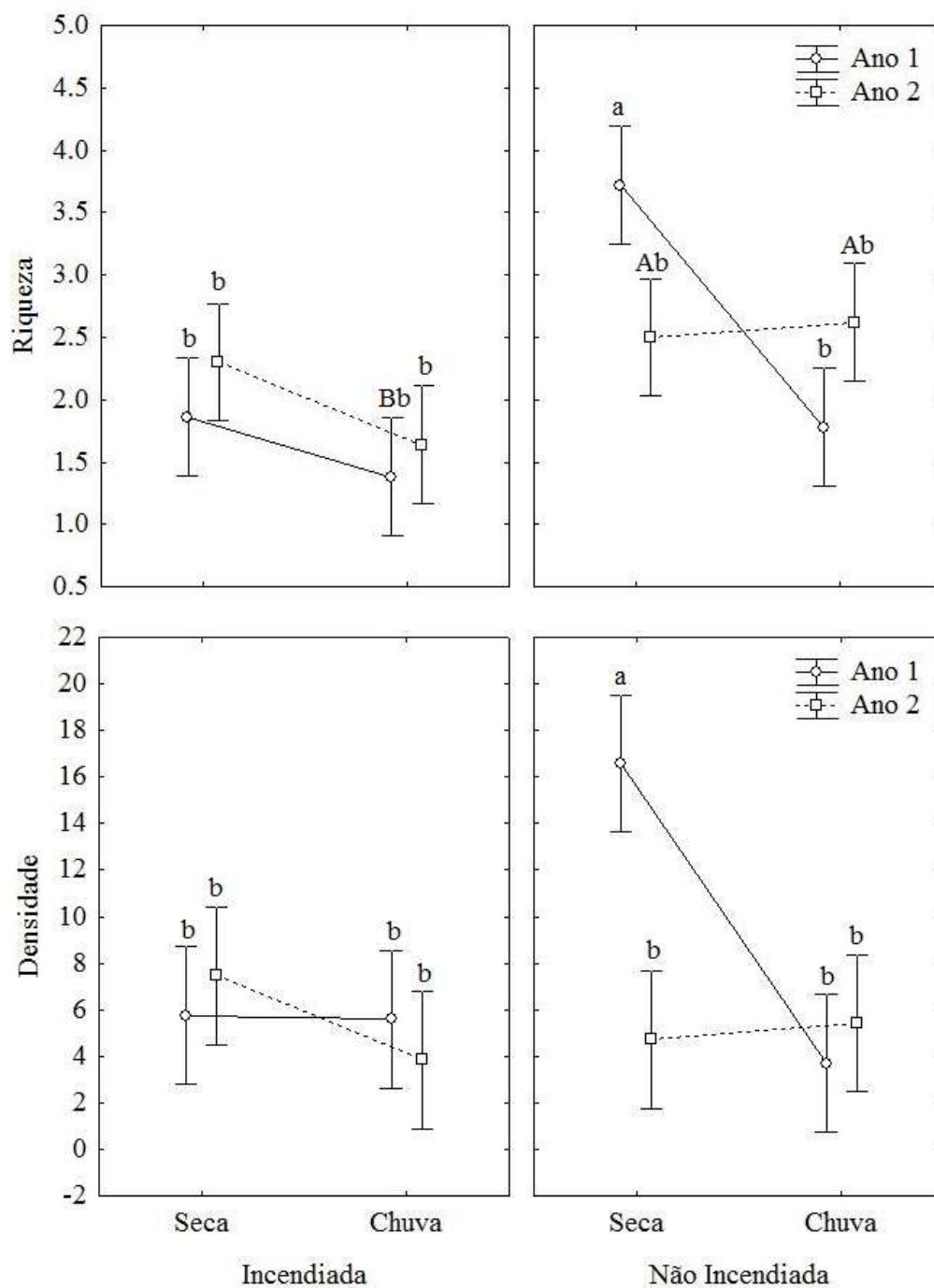




**Figura 3.** Ordenação multidimensional não métrica (NMDS) ilustrando a composição florística resultante das sementes germinadas a partir do banco de sementes do solo entre o ano 1 (triângulos) e o ano 2 (círculos), em áreas de floresta de Restinga incendiada e não incendiada. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies por área. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando os dois anos de estudo.



**Figura 4.** Ordenação multidimensional não métrica (NMDS) ilustrando a composição florística resultante das sementes germinadas a partir do banco de sementes do solo entre estações climáticas chuvosas (triângulos) e secas (círculos), em áreas de floresta de Restinga incendiada e não incendiada durante dois anos consecutivos. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies por área. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando apenas as estações climáticas.



**Figura 6.** Variação sazonal na riqueza média (número de espécies/parcela de 20x20cm) e densidade média de sementes (sementes/parcela de 20x20cm) em áreas de floresta de Restinga incendiada e não incendiada, no Nordeste do Brasil, durante dois anos consecutivos. Letras diferentes entre estações climáticas (seca e chuvosa) de cada área (incendiada e não incendiada) e entre áreas em cada estação denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

## Anexo

Normas para publicação no periódico Forest Ecology and Management



### FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT

Science to Sustain the World's Forests

#### DESCRIPTION

##### Aims and Scope

*Forest Ecology and Management* publishes scientific articles linking **forest ecology** with **forest management**, focusing on the application of biological, ecological and social knowledge to the management and conservation of plantations and natural forests. The scope of the journal includes all **forest ecosystems** of the world.

A peer-review process ensures the quality and international interest of the manuscripts accepted for publication. The journal encourages communication between scientists in disparate fields who share a common interest in **ecology** and **forest management**, bridging the gap between research workers and forest managers.

We encourage submission of papers that will have the strongest interest and value to the Journal's international readership. Some key features of papers with strong interest include:

1. Clear connections between the ecology and management of forests;
2. Novel ideas or approaches to important challenges in forest ecology and management;
3. Studies that address a population of interest beyond the scale of single research sites (see the editorial), Three key points in the design of forest experiments, *Forest Ecology and Management* 255 (2008) 2022-2023);
4. Review Articles on timely, important topics. Authors are encouraged to contact one of the editors to discuss the potential suitability of a review manuscript.

The Journal receives more submissions than we can publish, so authors should demonstrate a clear link with forest ecology and management. For example, papers dealing with remote sensing are acceptable with a strong link between ecology and management, but not if the main thrust is technological and methodological. Similarly, papers dealing with molecular biology and genetics may be more appropriate in specialized journals, depending on their emphasis.

Some papers are rejected because they do not fit within the aims and scope detailed above. Some examples include:

1. Papers in which the primary focus is, for example, entomology or pathology or soil science or remote sensing, but where the links to forest ecology and management are not clear or strongly developed;
2. Model-based investigations that do not include a substantial field-based validation component;
3. Local or regional studies of diversity aimed at the development of conservation policies;

AUTHOR INFORMATION PACK 11 Aug 2015 [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco) 2

4. The effects of forestry practices that do not include a strong ecological component (for example, the effects of weed control or fertilizer application on yield);
5. Social or economic or policy studies (we recommend 'Forest Policy and Economics': <http://www.journals.elsevier.com/forest-policy-and-economics>); urban forestry (we recommend Urban Forestry and Urban Greening (<http://www.journals.elsevier.com/urban-forestry-and-urban-greening>), and agroforestry studies.
6. Application of routine forest inventory approaches to assess standing biomass or content of carbon and nutrients at the stand scale.

## GUIDE FOR AUTHORS

### *Your Paper Your Way*

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

**To find out more, please visit the Preparation section below.**

## INTRODUCTION

*Forest Ecology and Management* publishes scientific articles that link forest ecology with forest management, focusing on the application of biological, ecological and social knowledge to the management and conservation of plantations and natural forests. The scope of the journal includes all forest ecosystems of the world.

A refereeing process ensures the quality and international interest of the manuscripts accepted for publication. The journal aims to encourage communication between scientists in disparate fields who share a common interest in ecology and forest management, bridging the gap between research workers and forest managers.

We encourage submission of papers that will have the strongest interest and value to the Journal's international readership. Some key features of papers with strong interest include:

1. Clear connections between the ecology and management of forests;
2. Novel ideas or approaches to important challenges in forest ecology and management;
3. Studies that address a population of interest beyond the scale of single research sites (see the editorial Three key points in the design of forest experiments, *Forest Ecology and Management* 255 (2008) 2022-2023);
4. Review Articles on timely, important topics. Authors are encouraged to contact one of the editors to discuss the potential suitability of a review manuscript.

The Journal receives more submissions than we can publish, so authors should demonstrate a clear link with forest ecology and management. For example, papers dealing with remote sensing are acceptable with a strong link between ecology and management, but not if the main thrust is technological and methodological. Similarly, papers dealing with molecular biology and genetics may be more appropriate in specialized journals, depending on their emphasis. Some papers are rejected because they do not fit within the aims and scope detailed above. Some examples include:

1. Papers in which the primary focus is, for example, entomology or pathology or soil science or remote sensing, but where the links to, and implications for, forest management are not clear and have not been strongly developed;
2. Model-based investigations that do not include a substantial field-based validation component;
3. Local or regional studies of diversity aimed at the development of conservation policies;
4. The effects of forestry practices that do not include a strong ecological component (for example, the effects of weed control or fertilizer application on yield);
5. Social or economic or policy studies (we recommend *Forest Policy and Economics*), urban forestry (we recommend *Urban Forestry and Urban Greening*), and agroforestry studies.
6. Application of routine forest inventory approaches to assess standing biomass or content of carbon and nutrients at the stand scale.

### ***Types of paper***

***Regular papers.*** Original research papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form. The journal does have a special category for 'short communications,' though there is no minimum size for a paper.

***Review articles.*** Review articles are encouraged. The most useful reviews go beyond summarizing the literature and focus on synthesizing key insights that will be most useful to readers. Authors are encouraged to discuss potential review topics with one of the Journal's editors (although this is not a requirement).

***Correspondence.*** The article type "Correspondence" will share ideas and evidence that support or critique a paper published in *Forest Ecology and Management*. Reader Correspondence should provide constructive insights, and are submitted through the Journal's on-line submission system. The Editors evaluate the submitted Reader Comments, and invite the authors of the original article to submit an Author Reply to be published in the same issue. Only one round of Reader Correspondence and Author Reply may be published.

***Data in Brief:*** Authors have the option of converting any or all parts of their supplementary or additional raw data into one or multiple Data in Brief articles, a new kind of article that houses and describes their data. Data in Brief articles ensure that your data, which is normally buried in supplementary material, is actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and publicly available to all upon publication. Authors are encouraged to submit their Data in Brief article as an additional item directly alongside the revised version of their manuscript. If your research article is accepted, your Data in Brief article will automatically be transferred over to Data in Brief where it will be editorially reviewed and published in the new, open access journal, *Data in Brief*. The Open Access fee for Data in Brief is \$500. Authors who submit in 2015 will receive a reduced fee of \$250. Please use the following template to write your Data in Brief.

***Papers for Special Issues.*** *Forest Ecology and Management* publishes several Special Issues each year to explore major topics in the field in depth. If your paper has been invited by a Guest Editor for a Special Issue, please identify the special issue in the "article type" entry in the submission process, and note the special issue name on the title page.

**Contact details for submission**

Dan Binkley  
Colorado State University  
Department of Ecosystem Science and Sustainability  
Fort Collins, CO 80523, USA  
E-mail: Dan.Binkley@Colostate.edu

Mark Adams  
University of Sydney  
Level 4, Biomedical Building  
2015 Eveleigh, NSW, Australia  
E-mail: mark.adams@sydney.edu.au  
Todd S. Fredericksen  
Ferrum College, Life Science Division  
80 Wiley Drive  
Ferrum, VA 24088, USA  
E-mail: tfredericksen@ferrum.edu

Jean-Paul Laclau  
CIRAD/USP,ESALQ-LCF  
Caixa Postal 9 Cep  
Cep 13418-900 Piracicaba SP, Brazil  
E-mail: laclau@cirad.fr

Cindy Prescott  
University of British Columbia  
Fac. of Forestry  
2005-2424 Main Mall  
V6T1Z4 Vancouver, BC, Canada  
E-mail: cindy.prescott@ubc.ca

Harri Mäkinen  
Natural Resources Institute Finland  
PO Box 18  
01301 Vantaa, Finland  
E-mail: harri.makinen@luke.fi

**BEFORE YOU BEGIN*****Ethics in publishing***

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journalauthors/ethics>.

***Conflict of interest***

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: [http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/286/p/7923](http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923).

### ***Submission declaration and verification***

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/sharingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

### ***Changes to authorship***

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

*Before the accepted manuscript is published in an online issue:* Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed. *After the accepted manuscript is published in an online issue:* Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

### ***Article transfer service***

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. More information about this can be found here: <http://www.elsevier.com/authors/article-transfer-service>.

### ***Copyright***

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted



works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source (s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

### ***Author rights***

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. For more information see <http://www.elsevier.com/copyright>.

### ***Role of the funding source***

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

### ***Funding body agreements and policies***

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some authors may also be reimbursed for associated publication fees. To learn more about existing agreements please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

### ***Open access***

This journal offers authors a choice in publishing their research:

#### **Open access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf e.g. by their research funder or institution

#### **Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs (<http://www.elsevier.com/access>).
- No open access publication fee payable by authors.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

#### ***Creative Commons Attribution (CC BY)***

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as

endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

*Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)*

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 3600**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

***Green open access***

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further information (<http://elsevier.com/greenopenaccess>). Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and begins from the publication date of the issue your article appears in. This journal has an embargo period of 24 months.

***Language (usage and editing services)***

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

***Full Online Submission***

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

All submissions must be accompanied by a **cover letter** detailing what you are submitting. Please indicate:

- The author to whom we should address our correspondence (in the event of multiple authors, a single 'Corresponding Author' must be named)
- A contact address, telephone/fax numbers and e-mail address
- Details of any previous or concurrent submissions. Please see our Authors' Rights section for more copyright information.

- It is also useful to provide the Editor-in-Chief with any information that will support your submission (e.g. original or confirmatory data, relevance, topicality).

### *Submit your article*

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/foreco/>

### ***Referees***

Authors are required to identify four persons who are qualified to serve as reviewers. Authors are requested not to suggest reviewers with whom they have a personal or professional relationship, especially if that relationship would prevent the reviewer from having an unbiased opinion of the work of the authors. A working e-mail address for each reviewer is essential for rapid review in the event that reviewer is selected from those that are identified by the authors. You may also select reviewers you do not want to review your manuscript, but please state your reason for doing so.

## **PREPARATION**

### ***NEW SUBMISSIONS***

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

### ***References***

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

### ***Formatting requirements***

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

**Please ensure the text of your paper is double-spaced and has consecutive line numbering - this is an essential peer review requirement.**

### *Figures and tables embedded in text*

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

## **REVISED SUBMISSIONS**

### *Use of word processing software*

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

### **Article structure**

#### **Subdivision**

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

#### *Introduction*

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

#### *Material and methods*

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

#### *Results*

Results should be clear and concise.

#### *Discussion*

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

#### *Conclusions*

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

#### *Appendices*

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

### **Essential title page information**

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### **Abstract**

A concise and factual abstract is required (not longer than 400 words). The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself

### **Graphical abstract**

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

### **Highlights**

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

### **Keywords**

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

### ***Abbreviations***

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

### ***Acknowledgements***

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

### ***Units***

SI (Système International d'unités) should be used for all units except where common usage dictates otherwise. Examples of non-SI that may be more appropriate (depending on context) in many ecological and forestry measurements are ha rather than m<sup>2</sup>, year rather than second. Use Mg ha<sup>-1</sup>, not tonnes ha<sup>-1</sup>, and use µg g<sup>-1</sup>, not ppm (or for volume, µL L<sup>-1</sup> or equivalent). Tree diameter will generally be in cm (an approved SI unit) rather than m. Units should be in the following style: kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, kg m<sup>-3</sup>. Non-SI units should be spelled in full (e.g. year). Do not insert 'non-units' within compound units: for example, write 300 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen (or N), not 300 kg N ha<sup>-1</sup>.

### ***Math formulae***

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

### ***Footnotes***

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

### ***Artwork***

#### ***Electronic artwork***

#### ***General points***

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.

- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

#### *Formats*

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

#### **Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

#### *Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications that can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

#### *Figure captions*

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

#### *Tables*

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the

relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table

body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

## ***References***

### *Citation in text*

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

### *Reference links*

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

### *Web references*

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

### *References in a special issue*

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

### *Reference management software*

Most Elsevier journals have a standard template available in key reference management packages. This covers packages using the Citation Style Language, such as Mendeley (<http://www.mendeley.com/features/reference-manager>) and also others like EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to word processing packages which are available from the above sites, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style as described in this Guide. The process of including templates in these packages is constantly ongoing. If the journal you are looking for does not have a template available yet, please see the list of sample references and citations provided in this Guide to help you format these according to the journal style.

If you manage your research with Mendeley Desktop, you can easily install the reference style for this journal by clicking the link below:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/forest-ecology-and-management>



When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plugins for Microsoft Word or LibreOffice. For more information about the Citation Style Language, visit <http://citationstyles.org>.

### *Reference formatting*

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

### *Reference style*

*Text:* All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.', and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al., (2010) have recently shown ....'

*List:* References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

### *Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

### *Journal abbreviations source*

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations: <http://www.issn.org/services/online-services/access-to-the-ltwa/>.

### *Video data*

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit

with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### ***AudioSlides***

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article.

AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on

ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

### ***Supplementary material***

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research.

Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, highresolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including

ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

### ***Google Maps and KML files***

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the

article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. For more information see <http://www.elsevier.com/googlemaps>.

### ***Interactive plots***

This journal enables you to show an Interactive Plot with your article by simply submitting a data file.

For instructions please go to <http://www.elsevier.com/interactiveplots>.

### ***Submission checklist***

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

#### **Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)

Printed version of figures (if applicable) in color or black-and-white

- Indicate clearly whether or not color or black-and-white in print is required.
- For reproduction in black-and-white, please supply black-and-white versions of the figures for printing purposes.

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

## **AFTER ACCEPTANCE**

### ***Use of the Digital Object Identifier***

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

### ***Online proof correction***

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor.

Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

### ***Offprints***

The corresponding author, at no cost, will be provided with a personalized link providing 50

days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. This link can also be used for sharing via email and social networks. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's

WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/booklets>).

### **AUTHOR INQUIRIES**

You can track your submitted article at <http://www.elsevier.com/track-submission>. You can track your accepted article at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You are also welcome to contact Customer

Support via <http://support.elsevier.com>.