

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

**JULIANA RAMOS DE ANDRADE**

**REGENERAÇÃO E DINÂMICA EM FLORESTAS DE CAATINGA JOVEM E  
MADURA**

**RECIFE**

**2016**

**JULIANA RAMOS DE ANDRADE**

**REGENERAÇÃO E DINÂMICA EM FLORESTAS DE CAATINGA JOVEM E  
MADURA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco – PPGB/UFRPE, como requisito para obtenção do título de doutora em Botânica.

**ORIENTADORA:**

Prof<sup>ta</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elcida de Lima Araújo

**CO-ORIENTADORES:**

Prof<sup>ta</sup>. Dr<sup>a</sup>. Clarissa Gomes Reis Lopes

Prof. Dr. Kleber Andrade da Silva

**RECIFE**

**2016**

Ficha catalográfica

A553r Andrade, Juliana Ramos de  
Regeneração e dinâmica em florestas de caatinga jovem e madura /  
Juliana Ramos de Andrade. -- Recife, 2016.  
125 f.: il

Orientadora: Elcida de Lima Araújo.  
Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural  
de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife, 2016.  
Inclui referências e anexo(s).

1. Floresta secundária, 2. Florística 3. Microclima 4. Antropização  
I. Araújo, Elcida de Lima, orientadora II. Título

CDD 581

**JULIANA RAMOS DE ANDRADE**

**REGENERAÇÃO E DINÂMICA EM FLORESTAS DE CAATINGA JOVEM E  
MADURA**

Tese defendida e \_\_\_\_\_ em: 22/06/2016

Orientadora:

---

**Profa. Dra. Elcida de Lima Araújo (Titular)**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Examinadores:

---

**Prof. Dr. André Mauricio Melo Santos (Titular)**  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

**Profa. Dra. Jarcilene Silva de Almeida Cortez (Titular)**  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

---

**Profa. Dra. Margareth Ferreira de Sales (Titular)**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

---

**Dra. Josiene Maria Falcão Fraga dos Santos (Titular)**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

---

**Profa. Dra. Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos (Suplente)**

---

**Dra. Danielle Melo dos Santos (Suplente)**

Aos meus pais Roberto e Aparecida por todo o amor e suporte, a minha irmã Roberta, ao meu querido esposo Thiago e as minhas florzinhas Beatriz e Manuela que são minha força pra lutar.

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Para concluir essa etapa da minha vida contei com a ajuda de pessoas especiais que diariamente contribuíram para que eu conseguisse chegar até aqui.

Agradeço primeiramente a Deus e ao nosso Pai e mestre celestial Jesus Cristo por me conceder saúde, força e sempre iluminar meus caminhos, me permitindo superar os obstáculos e me reservar tudo o que há de melhor nessa vida.

Agradeço com muito carinho a minha querida orientadora Elcida de Lima Araújo, pela contribuição intelectual e por sua amizade. Nesses nove anos de convívio ela foi um grande exemplo de sabedoria, competência, carinho e honestidade. Obrigada por ensinar muito mais que escrever artigos, mas me tornar uma pessoa melhor. Amadureci com seus “puxões de orelha” e sempre me espelhando em suas atitudes sempre corretas e regadas de muito amor e dedicação.

Aos meus coorientadores Clarissa Lopes e Kleber Andrade da Silva, por estarem sempre disponíveis e me darem suporte em tudo que precisei para o desenvolvimento da tese. Agradeço pelos anos de amizade, pelas palavras de incentivo, pelo apoio e por tantos momentos que já dividimos juntos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto e à Fapepe pela concessão da bolsa de estudo.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, por me proporcionar os títulos acadêmicos que tanto sonhei e por ser uma segunda casa, são dez anos de grandes momentos.

A coordenação do Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB), professor Reginaldo e Carmen Zickel pelo apoio durante todo o doutorado e a Kênia Muniz que é um exemplo de profissional, competente e amiga sempre disponível para solucionar os problemas e de bem com a vida.

Ao IPA por ceder suas instalações durante os anos de coletas e aos seus trabalhadores que nos recebiam com todo carinho.

Aos meus amigos do Laflec e do Latax pela troca de vivências e amizade.

Aos meus amigos e segunda família do Laboratório de Ecologia Vegetal dos Ecossistemas Nordestinos (LEVEN), em especial a Danielle e Josiene pela amizade, pelos conselhos e ensinamentos diários. Agradeço também a Diego, Vanessa, Priscila, Bruno, Elda e Maria pelo grande apoio nas longas jornadas de campo. Seremos sempre uma grande família!

Aos meus amigos que me acompanham desde a graduação me dando forças nos momentos difíceis: Karla (cumadi), Bruno (cumpadi), Andressa, Giovani, Paulo, Geraldo, Rayana, Karol Freire e Vanessa pela amizade, apoio, incentivo, confiança e por todos os bons momentos vividos.

Por fim e não por último, mas mais do que especial agradeço aos meus pais, Maria Aparecida e Roberto, por me darem a vida, por me ensinarem a ser uma pessoa responsável, honesta, estudiosa, verdadeira e íntegra. Obrigada por sempre estar ao meu lado me dando suporte em tudo que precisar. Sem vocês não teria conseguido concluir meu doutorado, nunca conseguirei agradecer por tudo o que vocês sempre fizeram e fazem por mim e por minha família. Obrigada por acreditarem em mim, amo vocês!

Agradeço a minha irmã, Roberta, pelo constante apoio e por compartilhar comigo o amor e os cuidados das nossas princesas Bia e Manu.

À minha linda família, pois sem eles nada faria sentido. À Thiago, meu marido que amo tanto, agradeço por caminhar junto comigo nessa vida e por me presentear com uma família que transborda amor e alegria. Obrigada por me incentivar, apoiar e me dar forças quando eu mais preciso e por estar sempre ao meu lado. Te amo!

E aos dois grandes presentes que a vida me deu, minhas filhas Beatriz e Manuela. Meus amores, obrigada por me transformarem em uma mulher capaz de enfrentar as adversidades da vida sem temer a nada, vocês me mostraram a força que tenho para lutar. Obrigada por me fazerem sentir um amor que não cabe no meu peito, obrigada por todos os dias acordarem com esses lindos sorrisos, obrigada por me darem a oportunidade de ser mãe. Sempre farei tudo por vocês. Amo incondicionalmente.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram na elaboração deste trabalho.

***Muito obrigada!***

“O fardo é proporcional às forças, como a recompensa será proporcional à resignação e a coragem.”

(Allan Kardec)



**Andrade, Juliana Ramos de;** Doutorado em Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Regeneração e Dinâmica de uma área da caatinga antropizada. Orientadora: Elcida de Lima Araújo. Coorientadores: Clarissa Gomes Reis Lopes e Kleber Andrade da Silva.

## RESUMO

As florestas tropicais secas estão sendo alteradas por ações antrópicas. O histórico de uso que a área sofreu e sua proximidade a fragmentos preservados devem ser considerados a fim de melhor compreender o processo sucessional dessas áreas, pois além de influenciar os mecanismos de regeneração e dinâmica das populações reestabelecidas, afetam a velocidade de recuperação. As populações estabelecidas em áreas modificadas experimentam variações microclimáticas distintas das encontradas em florestas maduras, sendo pouco conhecidas as respostas das espécies a essas mudanças. Assim, esta tese teve como objetivo: a) caracterizar e comparar a densidade, riqueza, altura, diâmetro e área basal da comunidade de uma floresta secundária da caatinga que sofreu intervenção antrópica em um intervalo de cinco anos; b) analisar o efeito das variações interanuais e sazonais na precipitação e das variações microclimáticas na dinâmica de três populações entre florestas madura e jovem. Para avaliar o potencial de recuperação da área foram estabelecidas 200 parcelas (5 x 10 m) em uma área de floresta secundária de caatinga localizada no município de Caruaru-PE, Brasil. Nos anos de 2008 e 2013 cada uma das parcelas teve todos os indivíduos vivos com diâmetro do caule ao nível do solo  $\geq 3$  cm identificados e medidos quanto à altura e diâmetro. Para o estudo de dinâmica populacional, 100 subparcelas de 25 m<sup>2</sup> foram estabelecidas na floresta jovem e a mesma quantidade em uma floresta madura, havendo um monitoramento mensal durante o período de 2013 a 2015 sendo anotados os números de indivíduos nascidos e mortos de *Poincianella pyramidalis*, *Schinopsis brasiliensis* e *Myracrodruon urundeuva*. Também foram mensuradas as variáveis microclimáticas (luz, temperatura, vento e umidade) com o intuito de correlacioná-los com os parâmetros demográficos das espécies. Com o passar dos cinco anos a quantidade de espécies foi praticamente à mesma, Houve redução na densidade total e na área basal média devido ao amadurecimento da floresta e provavelmente, a seca prolongada de 2012. Em 2008 a área basal total era de 10,59 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, aumentando para 11,01 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. A altura média da comunidade não apresentou aumento significativo de 3,59 m em 2008 para 3,65 m no ano de 2013. O quantitativo dos indivíduos inseridos nas menores classes de diâmetro diminuiu de 2008 para 2013, ocorrendo o inverso nas maiores classes. A dinâmica das populações variou entre as florestas, estações climáticas e anos (variação interanual de precipitação). Apesar da idade da floresta ter baixo poder de explicação sobre os nascimentos e mortes de *P. pyramidalis* em curta escala temporal, 30% da densidade foi explicada pela idade da floresta, sugerindo que o recrutamento para estádios ontogenéticos avançados seja influenciado pelas variações interanuais ocorrentes nas condições microclimáticas de cada floresta, sendo negativamente correlacionada com luz na floresta jovem. A mortalidade foi correlacionada a luz, temperatura e umidade na floresta madura e, a luz e umidade na floresta jovem. Em *S. brasiliensis* houve correlação entre luz e densidade, bem como entre vento e umidade no número de mortes apenas na floresta jovem. O poder de influência da idade da floresta e das variações interanual e sazonal de precipitação sobre os nascimentos foi baixo e nenhuma variável microclimática teve correlação com os nascimentos. Em *M. urundeuva*, temperatura e umidade foram correlacionadas aos nascimentos na floresta madura, mas na floresta jovem apenas luz se correlacionou aos nascimentos. No geral, a idade da floresta influenciou a densidade e os totais sazonais e anuais de precipitação influenciaram a mortalidade e os nascimentos, respectivamente, mas de maneira geral, o poder de explicação foi também baixo. Concluiu-se que a velocidade do processo regenerativo e a resiliência da floresta é afetada pelo tempo de abandono, sendo as

alterações que acontecem num espaço de cinco anos consideradas lentas e não permitem detectar grandes mudanças no avanço do processo de recuperação de uma floresta que já apresente 19 anos de idade. Além da idade da floresta, a variação temporal (entre anos e entre estações climáticas) atrelada à influência das variações microclimáticas alteram a densidade e o número de indivíduos mortos e nascidos em florestas com idades distintas. Foi visto que as respostas demográficas das plantas lenhosas às variações microclimáticas podem ser complexas nas florestas secas e as dessemelhanças nas condições microclimáticas entre florestas sugerem lentidão no retorno de tais condições. Tal retorno é de extrema importância para projeção futura do tempo necessário para a formação de novas florestas pós-uso da terra para atividades agrícolas em ambientes semiáridos.

**Palavras-chave:** floresta seca secundária, florística, microclima, antropização

**Andrade, Juliana Ramos de;** Doutorado em Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Regeneração e Dinâmica de uma área da caatinga antropizada. Orientadora: Elcida de Lima Araújo. Coorientadores: Clarissa Gomes Reis Lopes e Kleber Andrade da Silva.

### ABSTRACT

The dry tropical forests are being changed by human actions. The historical use of the area suffered and its proximity to preserved fragments should be considered in order to better understand the successional process of these areas, as well as influence the regeneration mechanisms and dynamics of re-established populations, affect the speed of recovery. Populations established in modified areas experience different microclimate variations found in mature forests, and little known species response to these changes. Thus, this thesis aimed to: a) to characterize and compare the density, wealth, height, diameter and basal area of the community of a secondary forest savanna who suffered human intervention in a range of five years; b) analyze the effect of interannual and seasonal variations in precipitation and microclimate variations in the dynamics of three populations of mature forests and young. To evaluate the potential recovery of the area were established 200 plots (5 x 10 m) in an area of caatinga secondary forest in the municipality of Caruaru, Pernambuco, Brazil. In 2008 and 2013 each of the plots had all living individuals with stem diameter at ground level  $\geq 3$  cm identified and measured for height and diameter. For the study of population dynamics, 100 subplots of 25 m<sup>2</sup> were established in the young forest and the same amount in a mature forest, with a monthly monitoring during the period 2013-2015 and noted the numbers of individuals born and dead *Poincianella pyramidalis*, *Schinopsis brasiliensis* and *Myracrodruon urundeuva*. They were also measured the microclimate variables (light, temperature, wind and humidity) in order to correlate them with the demographic parameters of the species. Over the five years the number of species was almost the same, there was a reduction in the total density and basal area average due to the maturation of the forest and probably prolonged drought of 2012. In 2008 the total basal area was 10.59 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, increasing to 11.01 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. The average height of the community had no significant increase of 3.59 m in 2008 to 3.65 m in 2013. The amount of individuals inserted in the smaller diameter classes declined from 2008 to 2013, while the opposite occurred in the larger classes. The population dynamics varied between forests, seasons and years (interannual variation of precipitation). Despite the age of the forest have low explanatory power of the births and deaths of *P. pyramidalis* in short time scale, 30% of the density was explained by the age of the forest, suggesting that recruitment for advanced ontogenetic stages is influenciado by interannual variations occurring in microclimate conditions of each forest, and negatively correlated with light in young forest. Mortality was correlated with light, temperature and humidity in the mature forest and light and moisture in the young forest. In *S. brasiliensis* was no correlation between light and density, as well as between wind and humidity in the number of deaths only in the young forest. The power of influence of forest age and interannual and seasonal variations in precipitation on births was low and no microclimate variable was correlated with birth. In *M. urundeuva*, temperature and humidity were correlated to birth in mature forest, but in the young forest only light correlated to birth. Overall, forest age influenced the density and seasonal and annual rainfall totals influenced mortality and births, respectively, but in general, the explanatory power was also low. It was concluded that the speed of the regenerative process and resilience of the forest is affected by the abandonment of time, and the changes that happen in the space of five years considered slow and may not detect major changes in advance of the recovery process of a forest that already presents 19 years of age. In addition to the age of the forest, the temporal variation

(between years and between seasons) linked to the influence of microclimatic variations alter the density and the number of dead individuals and born in forests with different ages. It has been seen that demographic responses of woody plants to micro-climatic variations can be complex in dry forests and dissimilarities in the microclimate between forests suggest slow the return of such conditions. Such a return is extremely important for future projection of time required for the formation of new post-forest land use for agricultural activities in semiarid environments.

**Keywords:** secondary dry forest, floristic, microclimate, anthropization

## LISTA DE FIGURAS

### REFERENCIAL TEÓRICO

**Figura 1.** Artigos que avaliaram a variação do tempo de abandono de áreas de florestas tropicais secas secundárias e que apresentam variações da estrutura, composição e dinâmica de espécies vegetais quando comparadas a áreas de floresta madura..... 27

### CAPÍTULO 1

**Figura 1.** Variação inter-anual dos totais de precipitação na área de estudo, Caruaru-PE, Brasil..... 57

**Figura 2.** Diferenças na densidade (A), altura (B) e diâmetro (C) médios das plantas por parcela em 2008 e 2013 (Letras diferentes entre anos na densidade, altura e diâmetro indicam diferença significativa pelo teste de Tukey HSD a 5%). ..... 61

**Figura 3.** Diferenças na riqueza média por parcela em um intervalo de 5 anos (A) e ordenação da diversidade florística (B) através da análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) em uma floresta tropical seca, Brasil (Letras diferentes entres anos indicam diferença significativa na riqueza média, pelo teste de Tukey HSD a 5%)...... 62

**Figura 4.** Distribuição de indivíduos por classes de diâmetros (A) e espécies de maior valor de importância (B) nos anos de 2008 e 2013, em uma floresta tropical seca, Brasil..... 66

### CAPÍTULO 2

**Figura 1.** Variação mensal dos totais pluviométricos durante o período de estudo na Estação Experimental José Nilson de Melo no município de Caruaru – PE, Brasil..... 91

**Figura 2.** Variação espaço-temporal dos dados logaritmizados ( $\log_{10}$ ) de densidade, mortes e nascimentos (indivíduos/25m<sup>2</sup>) na população de *Poincianela pyramidales* em uma floresta tropical seca brasileira. Letras minúsculas diferentes entre anos e estações (chuvosa e seca) dentre ou entre florestas (madura e jovem) denotam

diferenças significativas pelo teste de Tukey. Barras verticais indicam intervalo de confiança de 0,95..... 94

**Figura 3.** Variação espaço-temporal dos dados logaritmizados ( $\log_{10}$ ) da densidade, mortes e nascimentos (indivíduos/25m<sup>2</sup>) na população de *Schinopsis brasiliensis* em uma região semiárida no Nordeste do Brasil. Letras minúsculas diferentes entre anos e estações (chuvosa e seca) dentre ou entre florestas (madura e jovem) denotam diferenças significativas pelo teste de Tukey. Barras verticais indicam intervalo de confiança de 0,95..... 95

**Figura 4.** Variação espaço-temporal dos dados logaritmizados ( $\log_{10}$ ) da densidade, mortes e nascimentos (indivíduos/25m<sup>2</sup>) na população de *Myracrodruon urundeuva* em uma região semiárida no Nordeste do Brasil. Letras minúsculas diferentes entre anos e estações (chuvosa e seca) dentre ou entre florestas (madura e jovem) denotam diferenças significativas pelo teste de Tukey. Barras verticais indicam intervalo de confiança de 0,95..... 96

## LISTA DE TABELAS

### REFERENCIAL TEÓRICO

<b>Tabela 1.</b> Trabalhos realizados em florestas tropicais que abordam o histórico de uso da terra atrelado às consequências ambientais. ....	23
---	----

### CAPÍTULO 1

<b>Tabela 1.</b> Parâmetros estruturais de famílias e espécies inventariadas em 2008 e em 2013, Caruaru-PE, Brasil. (DA = densidade absoluta ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ); AB = área basal ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ ); VI = Índice de Valor de Importância (%). ....	58
---	----

<b>Tabela 2.</b> Variação temporal na densidade média ( $\text{indivíduos}/25\text{m}^2$ ) altura média (m) e diâmetro médio (cm) das populações em 2008 e em 2013 em Caruaru-PE, Brasil. Valores em negrito denotam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pela análise GLM (modelo linear generalizado – ANOVA).....	63
--	----

### CAPÍTULO 2

<b>Tabela 1.</b> Análise ANOVA para medidas repetidas mostrando a influência da floresta (madura e jovem), estação climática (chuvosa e seca) e anual (ano I e II) e suas interações sobre a densidade, nascimentos e mortes de três espécies vegetais em uma floresta tropical brasileira. Valores de p em negrito denotam diferença significativa (GL= graus de liberdade; SQ= soma dos quadrados; QM= quadrado médio; F=Fisher; P = Significância; R= percentual de explicação). ....	92
--	----

<b>Tabela 2.</b> Correlação dos parâmetros demográficos (densidade, número de indivíduos mortos e nascidos) com os fatores abióticos (luz – lux, temperatura - °C, vento – m/s, umidade - %) entre florestas madura e jovem durante o ano II (2014-2015) do estudo. Valores em negrito denotam correlação positiva ou negativa entre as variáveis. ....	97
---	----

<b>Tabela 3.</b> Médias e desvios padrões da luz (lux), temperatura (°C), vento (m/s) e umidade (%) das florestas madura e jovem. Valores em negrito denotam diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) utilizando o teste de variância de Kruskal-Wallis. ....	98
---	----

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	20
2.1. Cenário da alteração das florestas tropicais e seus diversos históricos de uso .....	20
2.2. Regeneração e dinâmica populacional de florestas secundárias .....	24
2.3. Influência dos fatores ambientais na germinação, estabelecimento e crescimento das plantas em áreas de florestas tropicais secas antropizadas.....	29
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	33

### CAPÍTULO I

Artigo a ser enviado ao Journal of Vegetation Science .....	42
<b>Curta escala temporal de regeneração em floresta tropical seca do Brasil</b> .....	43
Resumo.....	43
Introdução.....	44
Material e Métodos .....	45
Descrição e histórico de uso da área .....	45
Coleta dos dados .....	46
Análise dos dados .....	47
Resultados .....	47
Discussão.....	49
Agradecimentos .....	51
Referências bibliográficas .....	51

### CAPÍTULO II

Artigo a ser enviado a Plant Ecology.....	67
<b>Respostas demográficas de populações lenhosas a variações climáticas entre florestas secas de diferentes idades</b> .....	68
Resumo.....	69
Introdução.....	70
Material e Métodos .....	72
Descrição da área .....	72
Espécie selecionada, amostragem e coleta dos dados .....	74
Análise dos dados .....	75



Resultados .....	76
Discussão.....	78
Influência da idade da floresta na dinâmica das populações .....	78
Idade da floresta x precipitação e variações microclimáticas: influência sobre a dinâmica das populações .....	81
Conclusão .....	83
Agradecimentos.....	83
Referências .....	84
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>100</b>
Normas Journal of Vegetation Science .....	101
Normas Journal Plant Ecology .....	116

## 1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais ocupam extensas regiões no mundo, pois se estabelecem em condições ambientais diversas (LÉVESQUE et al., 2011; VILLALOBOS et al., 2011; ALMAZÁN-NÚÑEZ et al., 2012). Por serem reconhecidas como um recurso natural importante, essas florestas sofrem distúrbios intensos devido a constante ação antrópica (ISAZA et al., 2013). O aumento de áreas antropizadas nas florestas tropicais também está relacionado à necessidade de espaço para o crescimento das cidades e desenvolvimento de atividades produtivas (JANZEN, 1997; CASTELETTI et al., 2003). Esses diversos históricos de uso da terra influenciam as diferentes intensidades de degradação e níveis de conservação que uma área pode apresentar, e conseqüentemente, essas áreas antropizadas possuem potenciais de regeneração distintos (BROWN e LUGO, 1990; FINEGAN, 1992; WIJDEVEN e KUZEE, 2000; JONG et al., 2002; CHAZDON, 2003; ZANELA et al., 2012; ANDRADE et al., 2015).

Algumas dessas áreas são abandonadas após uso e voltam a se regenerar naturalmente (SAMPAIO et al., 1998; PEREIRA et al., 2003; LOPES et al., 2012). O tipo de degradação (corte raso, queima, uso de agrotóxicos), o histórico de uso que a área sofreu (NASCIMENTO et al., 2009; QUESADA et al., 2009; DUPUY et al., 2012) e sua proximidade a fragmentos preservados (LOPES et al., 2012; MILLER et al., 2013; SOUZA et al., 2014), devem ser considerados a fim de melhor compreender o processo sucessional dessas áreas, pois além de influenciar os mecanismos de regeneração e dinâmica das populações reestabelecidas, esses fatores afetam a velocidade desta recuperação.

Mundialmente é visto que as florestas tropicais secas secundárias tendem a se recuperar de maneira mais rápida quando comparada a florestas úmidas secundárias (JANZEN, 1997; QUESADA et al., 2009), devido à sua baixa altura e alta proporção de espécies capazes de rebrotar, sendo consideradas como mais resistentes às perturbações (MURPHY e LUGO, 1986; BUSBY et al., 2010). O tipo preferencial de reprodução das espécies vegetais, sexuada (sementes) (MADEIRA et al., 2009) e/ou assexuada (rebrotas) (BUSBY et al., 2010) em florestas tropicais está diretamente ligado às variações pluviométricas, portanto influenciando na regeneração das florestas secundárias. À medida que a precipitação da área aumenta a reprodução por sementes é a mais utilizada e eficiente.

A caatinga é uma floresta tropical sazonal seca, que corresponde a um tipo de vegetação caducifólia, sujeita a um longo período de estiagem e que ocupa a maior extensão da região nordeste do Brasil (ARAÚJO et al., 2007) é um ecossistema que encontra-se no

mesmo cenário de perturbação das florestas tropicais secas de todo o mundo. Nesse tipo de vegetação o uso da terra para o estabelecimento de atividades agrícolas tem gerado impactos nas características ambientais e sociais (ARAÚJO et al., 2007; ALBUQUERQUE et al., 2012), nas características ecofisiológicas (MONTEIRO et al., 2011a) e reprodutivas das plantas (ALMEIDA et al., 2011), bem como na conservação da biodiversidade local (ANDRADE et al., 2005; LOPES et al., 2012). Estudos voltados a compreender a regeneração da vegetação de florestas tropicais secas secundárias como a caatinga relatam aumento na riqueza e área basal e redução na densidade da comunidade com o amadurecimento da floresta além da influência da sazonalidade climática na mortalidade dos indivíduos regenerantes (FIGUEROA et al., 2006; CAVALCANTI et al., 2009; SAMPAIO et al., 2010).

Uma das formas de avaliar o processo de regeneração de uma área antrópica é monitorar a recuperação da composição florística e das características estruturais da comunidade re-estabelecida, através de estudos de cronosequência (SÁNCHEZ-AZOFEIFA et al., 2005; QUESADA et al. 2009; FEELEY et al., 2011; ALMAZÁN-NÚÑEZ, 2012) ou parcelas permanentes (BREUGEL et al., 2007; CHAZDON et al., 2007; LÉVESQUE et al., 2011). Outra forma é a comparação da dinâmica populacional de espécies estabelecidas em áreas antrópicas abandonadas e em áreas maduras próximas, pois podem inferir sobre o estágio sucessional que a floresta secundária se encontra (PEREIRA et al., 2003; NORDEN et al., 2009).

As respostas ecofisiológicas das plântulas recém-germinadas como, por exemplo, crescimento e produção de folhas, podem diferir quando as condições microclimáticas são alteradas, o que ocorre com frequência após perturbação antrópica (ANDRADE et al., 2015). Logo, evidenciar as respostas ecofisiológicas das plântulas aos fatores ambientais, como a disponibilidade de luz, pode contribuir para o entendimento da dinâmica regenerativa das populações e do processo de regeneração das comunidades vegetais.

Atualmente a literatura indica as seguintes características na regeneração de florestas tropicais secas secundárias: 1) maior diversidade e aumento na altura e área basal das espécies nas florestas mais maduras (KENNARD, 2002; LEBRIJA-TREJOS et al., 2008); 2) menor densidade de indivíduos nas florestas mais maduras (KENNARD, 2002; LEBRIJA-TREJOS et al., 2008); 3) inexistência de espécies chaves na composição florística de cada sere sucessional (CHAI e TANNER, 2011; CHEN et al., 2015); 4) alterações das variações microclimáticas após antropização (AHRENDTS et al., 2010; BORREGO e SKUTSCH, 2014; GHULAM et al., 2014); 5) a distância da floresta jovem em relação a floresta madura, o histórico de uso da terra, o tipo de degradação sofrida (COOK et al., 2005; MAZA-

VILLALOBOS et al., 2011; LOPES et al., 2012; CARREIRAS et al., 2014), 6) eventos climáticos irão influenciar acelerando ou retardando o potencial de regeneração da área (VILLALOBOS et al., 2013).

Nessa perspectiva, este estudo pretende testar as seguintes hipóteses: 1. A densidade da comunidade arbórea em uma floresta secundária da caatinga diminui em um intervalo de cinco anos de regeneração; 2. A riqueza, altura, diâmetro e área basal da comunidade arbórea em uma floresta secundária da caatinga aumentam em um intervalo de cinco anos de regeneração; 3. As espécies formam maiores populações nas florestas maduras porque as condições microclimáticas são mais favoráveis quando comparadas as florestas jovens; 4. Estação chuvosa e anos mais chuvosos favorecem o recrutamento de novos indivíduos na floresta madura.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. *Cenário da alteração das florestas tropicais e seus diversos históricos de uso*

A extensão das paisagens degradadas tem aumentado significativamente em todo o mundo. Esse aumento é ocasionado por ação antrópica ou até mesmo desequilíbrios ambientais (THOMPSON et al., 2002; LOPES et al., 2012). As modificações ambientais dependendo de sua intensidade fazem com que uma área seja considerada perturbada ou degradada. Uma área degradada é conhecida como aquela sem capacidade de resiliência após o distúrbio e dependente do favorecimento humano para a sua recuperação (MARTINS, 2001). Sendo área perturbada aquela que, após distúrbio, ainda mantém meios de regeneração biótica (KAGEYAMA et al., 2003), ou seja, que ainda mantém sua resiliência ambiental.

A literatura mostra que o aumento da alteração ambiental nas florestas tropicais está fortemente atrelado ao crescimento da população humana (AHRENDS et al., 2010; CHEN et al., 2015), resultando no surgimento de novas cidades e na expansão de áreas urbanas. Como visto por Ahrends et al. (2010), que na África, é comum a dissipação da população dos centros econômicos para as áreas periféricas, que em sua grande maioria são áreas florestais. Desta forma, as áreas mais distantes dos centros econômicos tendem a ter seus recursos bastante explorados, podendo tornar a área degradada. Além disso, observaram que quanto maior a distância do centro econômico e quanto maior o tempo após a migração, maior será a pressão exercida nas florestas.

Por serem reconhecidas como um recurso natural importante, as florestas tropicais são cada vez mais exploradas, com aumento da pressão de uso de suas áreas. Devido a pressão antrópica, aos distúrbios intensos e aos diferentes históricos de uso da terra as florestas secundárias têm sido consideradas como as florestas do futuro (BROWN e LUGO, 1990; FINEGAN, 1992; WIJDEVEN e KUZEE, 2000; JONG et al., 2001; CHAZDON, 2003; WESSELS et al., 2011; ZANELA et al., 2012).

Além do crescimento populacional, sabe-se que o desmatamento realizado para diversos fins, como a implantação de áreas agrícolas, agropecuária e extrativismo madeireiro (carvão vegetal, construção de cercas e utilitários domésticos) é um dos grandes fatores de degradação das florestas tropicais (GANZHORN et al., 2001; AHRENDS et al., 2010; XAUD et al., 2013; GHULAM, 2014). O fogo de origem antropogênica muito utilizado no Brasil para obtenção de espaço no estabelecimento de áreas agrícolas, pecuárias e crescimento urbano também é causa da destruição de grandes extensões florestais (XAUD et al., 2013).

O extrativismo e a agropecuária, bem como a substituição da vegetação para construções, queimadas, utilização de material do solo ou do subsolo, como ocorre na mineração são apontadas como os principais fatores que favorecem a desertificação, resultado do desmatamento e da degradação do solo (SAMPAIO e ARAÚJO, 2005; GHULAM, 2014).

A literatura destaca que é importante considerar o tipo de perturbação (corte raso, queima, uso de agrotóxicos) e o histórico de uso que a área sofreu (QUESADA et al., 2009; DUPUY et al., 2012), pois esses fatores classificam o nível de perturbação da área, seu potencial de recuperação e as consequências ambientais que cada tipo pode causar.

Foi averiguado por Thompson et al. (2002) a influência de diferentes históricos de uso na composição de espécies lenhosas em uma área de floresta tropical em Porto Rico. Os autores ordenaram as áreas em quatro níveis de classe dependendo da cobertura vegetal atrelada ao histórico de uso daquela área, sendo a classe I a mais coberta por árvores e a classe IV a área com menor cobertura vegetal devido ao uso extensivo da terra através da extração seletiva de madeira. O histórico de uso da terra é a principal influência sobre os padrões de composição florística. Na tabela 1 são citados trabalhos realizados em áreas de florestas tropicais com diferentes históricos de uso da terra e suas consequências ambientais.

Os efeitos em longo prazo do histórico de uso da terra (plantação de lavouras de café) em uma floresta tropical montanhosa localizada na Jamaica foram avaliados por Chai e Tanner (2011). Os efeitos do uso foram mensurados em relação à composição e estrutura de espécies arbóreas em três florestas. A primeira é uma floresta nativa antiga, a segunda uma floresta com cerca de 150-170 anos de regeneração e a terceira, chamada de floresta jovem, corresponde a uma área de plantação de café recém abandonada. Os autores constataram que não houve diferença entre as florestas na densidade, riqueza de espécies endêmicas e na área basal, mas foi significativa a percentagem de indivíduos de espécies endêmicas na floresta de crescimento antigo (segunda floresta). Apesar das florestas secundárias mais velhas não serem idênticas às florestas jovens, elas podem ter densidade e área basal semelhantes e área basal de florestas antigas depois de dois séculos.

No Brasil, o processo de destruição ambiental teve início na época da colonização, os recursos florestais começaram a ser explorados através do uso do pau-brasil para tingir tecidos nos países europeus. As áreas florestais sofreram corte para a introdução da cana-de-açúcar na região nordeste e mais tarde, para ocupação do gado (GARIGLIO et al., 2010).

Desde então, vários ecossistemas brasileiros têm sido modificados pelo homem, as árvores são cortadas para o consumo de frutos, produção de lenha, carvão e para dar espaço às atividades de pecuária e agricultura. Essa realidade também está presente na Caatinga, a qual

a agropecuária tem contribuído bastante para a sua degradação, já que o gado se alimenta também das plantas jovens, impedindo que as mesmas se desenvolvam, e aliado a isso os animais também pisoteiam o solo comprometendo a sua drenagem e o escoamento da água, uma vez que o mesmo fica muito compactado (SOUZA, 2006). A consequência desta destruição são milhares de hectares devastados causando desequilíbrios ambientais, aguçando o interesse de pesquisadores a fim de lançar informações de base que auxiliem na construção de planos de manejo dessas áreas (SOUZA, 2006; APNE, 2013).

Diante do exposto, podemos perceber que as ações antrópicas exercidas sobre as florestas tropicais causaram e causam grande redução das áreas nativas, criando manchas vegetacionais com diferentes *status* de conservação. É visto que o grande problema está relacionado aos motivos que levam a esse cenário, pois a redução do crescimento populacional não é controlado, a busca por recursos naturais não é sustentável e as áreas de agricultura, pastagem e extrativismo são cada vez maiores. Com isso, a maneira de diminuir esses impactos são trabalhos que lancem mão de informações que auxiliem na recuperação ou acelerem o processo de resiliência das áreas perturbadas. Atualmente, muitos grupos de pesquisa estão envolvidos em estudos de resiliência e regeneração de áreas antropizadas, estudos esses que são abordados em sequencia.

Tabela 1. Trabalhos realizados em florestas tropicais que abordam o histórico de uso da terra atrelado às consequências ambientais.

<b>Histórico de uso</b>	<b>Atividade</b>	<b>Aspectos abióticos e bitóticos</b>	<b>Referência</b>
Agricultura	Agricultura	Alteração microclimática (pluviosidade e duração do período seco)	Ganzhorn et al. (2001)
Agricultura	Agricultura	Alteração da precipitação	Garcia-Carreras e Parker (2011)
Agricultura	Plantação de café	Alteração da composição florística, estrutura e diminuição na riqueza de espécies	Chai e Tanner (2011)
Agricultura e extrativismo	Terras agrícolas e exploração de madeira	Erosão e desertificação do solo	Ghulam (2014)
Agropecuária	Criação de gado	Desertificação do solo	Sampaio e Araújo (2005)
Agropastoril	Agricultura e pastagem	Redução drástica da cobertura vegetal (de 29% a 86% das florestas remanescentes podem ser perdidos nos próximos 23 anos) devido a esta atividade	Flamenco-Sandoval et al. (2007)
Extrativismo	Corte seletivo de madeira	Diminuição da composição e estrutura florística	Thompson et al. (2002)
Extrativismo	Queima de carvão e exploração de madeira	Redução no armazenamento de carbono e da riqueza de espécies	Ahrends et al. (2010)
Extrativismo	Produção de carvão vegetal ou madeira para construção	Perda de biomassa vegetal e alteração microclimática	Lévesque et al. (2011)
Pecuária	Criação e pastagem de gado	Redução no armazenamento de carbono	Borrego e Margaret (2014)



## *2.2 Regeneração e dinâmica populacional de florestas tropicais secundárias*

O potencial de regeneração de áreas antropizadas vem sendo estudado em várias regiões áridas e semiáridas pelo mundo (SAMPAIO et al., 1998; NEGREROS e HALL, 2000; PEREIRA et al., 2003). Os estudos vêm mostrando que em áreas que são intensamente perturbadas atreladas ao seu histórico de uso e tempo de abandono apresentam alterações na composição de espécies e estrutura das populações vegetais (PEREIRA et al., 2003; SAMPAIO et al., 2008).

Em uma floresta semidecídua localizada na planície africana, especificamente em Ghana, Appiah (2013) avaliou a estrutura e composição de espécies de árvores em áreas que apresentam ações antrópicas advindas da plantação de café. A fim de determinar seus níveis de degradação e potencial de regeneração foram estabelecidas parcelas para mensuração dos dados fitossociológicos. No total, 44 espécies de árvores e 831 indivíduos pertencentes a 25 famílias foram registradas no local do estudo. Estes resultados quando comparados a outros em áreas semelhantes sugerem que a área é altamente degradada e a perda de biodiversidade é significativa. No final da pesquisa, o autor recomendou intervenções que auxiliassem na recuperação da área, são elas: (a) proteger a floresta nativa intacta, corredores ecológicos e realizar enriquecimento de plantações ribeirinhas para proteger as vias navegáveis, (b) desenvolvimento de práticas agro-florestais para a conservação da biodiversidade em agroecossistemas, e (c) estabelecer plantações nos locais severamente degradados.

Uma das formas de avaliar a regeneração de uma área antrópica abandonada pode ser através de comparações entre parâmetros florísticos e estruturais (como riqueza de espécies, densidade, área basal) e demográficos (como densidade, número de indivíduos nascidos e mortos) das áreas secundárias e das florestas mais antigas (próximas ou com características semelhantes) (PEREIRA et al., 2003; NORDEN et al., 2009; VILLALOBOS et al., 2013; SOUZA et al., 2014). O trabalho de Pimm (1991) considera a resiliência como um balanço que pode ocorrer tanto dentro da população como dentro de uma comunidade e que a velocidade de recuperação da resiliência desses dois níveis depende da energia (recurso) disponível na área.

As florestas tropicais sazonalmente secas tendem a ser mais resistentes às perturbações antrópicas e a se recuperar mais rapidamente quando comparada as florestas úmidas, devido à sua baixa altura (MURPHY e LUGO, 1986) e alta proporção de espécies com capacidade de rebrota (SAMPAIO et al., 1998; FIGUEROA et al., 2006; VIEIRA e SCARIOT, 2006; KY-DEMBELE et al., 2007; MADEIRA et al., 2009; BUSBY et al., 2010; MCDONALD et al.,

2010; SOUZA et al., 2014;), sendo esta última característica de grande influência na velocidade do processo de recuperação das florestas e na estrutura genética da nova floresta formada.

Vieira e Scariot (2006), revisaram a ecologia da regeneração das florestas tropicais secas como uma ferramenta para restaurar áreas degradadas. Apontaram que devido ao fato das florestas secas serem caracterizadas por um número elevado de espécies de pequeno porte, grande capacidade de rebrota e sementes dispersas pelo vento (anemocóricas) são recolonizadas mais rapidamente quando comparadas a florestas úmidas. Essas características atreladas a outros fatores que serão analisados no próximo tópico apontam informações básicas para a restauração adequada deste ecossistema, em vez de simplesmente seguir abordagens desenvolvidas para as florestas úmidas.

A capacidade de rebrota, considerada como principal característica na rápida recuperação das florestas tropicais secas secundárias, foi estudada por Ruiz et al. (2005) na ilha de Providência, Colômbia, no Caribe. Foi comparada a estrutura da vegetação e riqueza de espécies em uma cronossequência de 56 anos. A densidade de espécies lenhosas atingiu um pico na área de 32 a 56 anos de idade, sendo verificado que a riqueza de espécies aumentou linearmente com a idade sendo mais expressiva em 56 anos de idade ou mais. A capacidade de rebrota mostrou uma relação negativa com a idade, ou seja, quanto mais velha a área menor o número de rebrotas, sendo estas responsáveis pela rápida recuperação da riqueza de espécies lenhosas e características estruturais nos anos mais iniciais da recuperação de áreas de floresta tropical seca secundária.

A avaliação de uma área perturbada, mas que vem se regenerando naturalmente deve também levar em consideração escalas temporais (AIDE et al., 2000; WAROX e LAMBIN, 2011) com o intuito de se avaliar o tempo necessário para que uma área em regeneração possa ser considerada estruturalmente semelhante a uma área de floresta madura. As metodologias mais utilizadas nesses trabalhos são parcelas estabelecidas em áreas cronossequenciais (SÁNCHEZ-AZOFEIFA et al., 2005; QUESADA et al., 2009; FEELEY et al., 2011; ALMAZÁN-NÚÑEZ, 2012) ou acompanhamento de parcelas permanentes ao longo dos anos (BREUGEL et al., 2007; CHAZDON et al., 2007; LÉVESQUE et al., 2011).

Cavalcanti et al. (2009) verificaram um aumento na riqueza e diversidade das espécies estabelecidas em uma área semiárida do Brasil após cinco anos do último levantamento fitossociológico, e que mesmo após vinte anos de sofrer corte raso, a área ainda se encontra em processo de regeneração. Trabalhos que enfocam essa questão são os que abordam a cronossequência e dinâmica populacional, pois esses parâmetros estudados em conjunto

apontam de maneira mais fidedigna o nível de recuperação de uma área regenerante (VILLALOBOS et al., 2011). Uma vez que, a partir do conhecimento da dinâmica biológica das populações, conhecendo o *fitness* das espécies inseridas nesse ambiente é possível planejar uma exploração racional dos recursos vegetais, para que haja um equilíbrio entre o suprimento das necessidades das populações localizadas no semiárido nordestino brasileiro e a manutenção das funções ecológicas de tal ecossistema.

Apontando a importância de se avaliar a influência anual e sazonal, atrelado a dinâmica populacional em áreas cronossequenciais, Villalobos et al. (2013) estudaram comunidades sucessionais de regeneração de uma floresta tropical seca no México. Foi observado que os parâmetros demográficos e a riqueza de espécies variaram sazonalmente sem quase nenhum efeito do estágio sucessional, havendo uma diminuição na densidade na maioria dos estágios sucessionais ao longo dos anos. Essa ausência de alterações foi associada a eventos de seca forte (El Niño), que têm consequências críticas para dinâmica da regeneração, retardando o processo de sucessão e modificando a resiliência destes sistemas. A dinâmica das comunidades de florestas tropicais secas em regeneração foi fortemente afetada pela variabilidade temporal das chuvas do presente e do passado (SILVA et al, 2012). O estudo apontou que fatores globais como El Niño pode desempenhar um papel fundamental no potencial de regeneração de fragmentos de florestas tropicais secas.

A averiguação de respostas às perturbações de grande escala, como o El Niño ou eventos de prolongação de períodos de seca e/ou chuva servem como indicadores na capacidade de prever os impactos das mudanças climáticas globais na estrutura e composição das plantas nas florestas tropicais secas (FEELEY et al., 2011). Desta forma, sabe-se que realizar estudos em longo prazo é urgentemente necessário para entender o impacto mundial de mudanças climáticas sobre o processo sucessional de florestas secundárias em áreas tropicais. Isto é particularmente relevante como a conservação das funções e serviços que dependem da biodiversidade e dos ecossistemas, a resiliência das florestas tropicais para suportar os distúrbios causados pela agricultura e mudança climática global.

Dupuy et al. (2012), também no México, constataram a influência da idade sucessional para alguns parâmetros. Os autores investigaram a possível existência de um padrão na sucessão de florestas tropicais secas atrelando a influência da idade, condição topográfica e propriedades do solo sobre a estrutura e composição da floresta. Foi visto que nas florestas com idade sucessional mais avançada (mais de 15 anos) os valores de densidade e altura dos indivíduos eram maiores e que a condição topográfica também influenciou a estrutura e composição das espécies.

Como podemos notar a literatura não determina um tempo mínimo e/ou máximo que uma área abandonada necessita para ser considerada estável e com estrutura, composição e dinâmica das populações compatível com as de áreas maduras. Na figura 1 podemos observar estudos que avaliaram diferentes tempos de abandono e também não encontraram uma área secundária com atributos equivalente a áreas maduras.

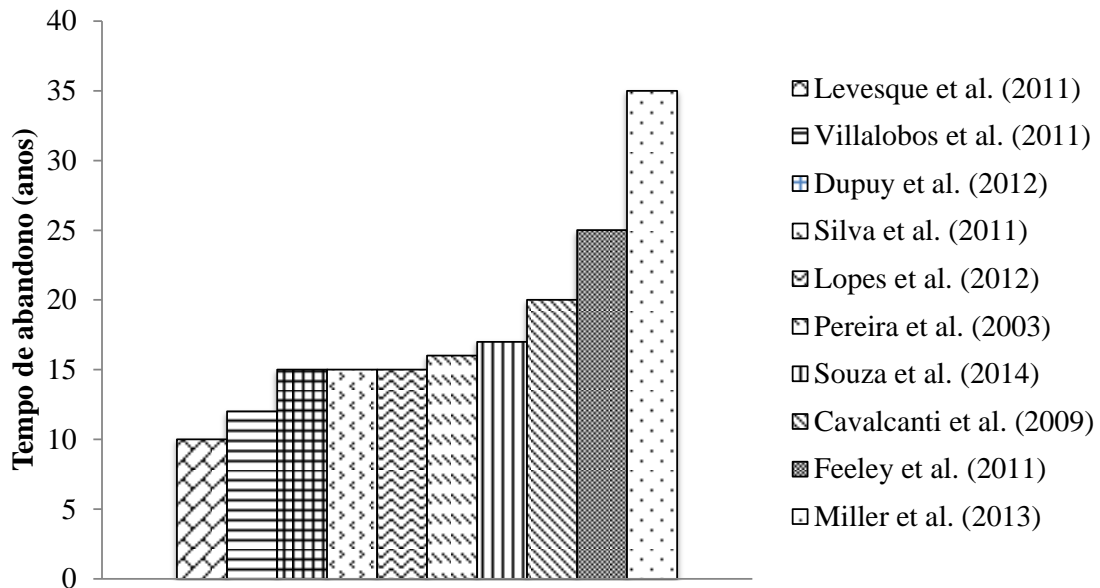


Figura 1. Artigos que avaliaram a variação do tempo de abandono de áreas de florestas tropicais secas secundárias e que apresentam variações da estrutura, composição e dinâmica de espécies vegetais quando comparadas a áreas de floresta madura.

Quando filtramos as pesquisas nas que avaliam a regeneração de florestas tropicais secas com histórico de uso da terra para fins agrônômicos, é visto que após longos períodos essas áreas tendem a apresentar um solo empobrecido (SAMPAIO et al., 1998). Quando a agricultura é implantada em um regime de corte com queima é frequentemente adotada por pequenos produtores rurais em ambientes secos, além de prejudicar o solo, diminui a riqueza e o rebrotamento de espécies e prejudica muitas sementes (HOOPER, 2008).

Dentre as florestas tropicais secas do mundo, a caatinga destaca-se também por ser um dos ambientes semiáridos mais modificados, pois grande parte da vegetação original já foi destruída para uso da agricultura (CASTELETTI et al., 2003), e o acelerado processo de desmatamento nessas áreas pode levar a formação de fragmentos isolados (SAMPAIO et al., 2002). Na caatinga, uma das formas mais comuns de remoção da vegetação para o estabelecimento de atividades agropecuárias, é o corte raso. Nessa prática, a parte aérea da planta é retirada e a base do caule é mantida, esperando-se que haja a rebrota das plantas que

sobreviverem. No entanto, não existem informações sobre a sobrevivência dessas plantas após o corte (FIGUEIRÔA et al., 2006).

Outra forma de remoção da vegetação é por exploração seletiva, essa forma de remoção reduz a intensidade da perturbação ocasionada na área. Pereira et al. (2001) avaliaram o comportamento da regeneração de um remanescente de caatinga hipoxerófila localizado na Paraíba que sofreu corte seletivo e apresenta diferentes níveis de perturbação antrópica. Foram selecionados três ambientes, ordenados em níveis crescentes de perturbação (I, II e III) e também foram estabelecidas quatro classes de tamanhos para estratificação dos indivíduos conforme sua altura. Os autores observaram que a maioria dos indivíduos encontrava-se nas classes de menor tamanho, sendo que apenas o ambiente III, o mais conservado, apresentou indivíduos nas quatro classes de tamanho. Os maiores impactos da intervenção antrópica foram detectados no ambiente I, e os menores no ambiente III, refletidos a partir da riqueza florística, da dominância e da distribuição das plantas nas classes de tamanho previamente definidas. Comprovando assim a influência das ações antrópicas sob a vegetação local, onde áreas com menores níveis de perturbação apresentam indivíduos lenhosos de maior porte quando comparados aos indivíduos estabelecidos em áreas mais perturbadas.

Apesar disso, abordagens tentando relacionar variações florísticas e fisionômicas, fatores bióticos e diferentes níveis de uso de áreas antrópicas não têm sido comuns na caatinga (ARAÚJO et al., 2005), embora segundo Sampaio et al. (1998) é importante conhecer a capacidade de regeneração da vegetação nativa, para o estabelecimento de um manejo sustentável em longo prazo. Os trabalhos mais recentes abordam a regeneração de áreas de caatinga com a agricultura como histórico de uso da terra (LOPES et al., 2012; SANTOS et al., 2013; SOUZA et al., 2014; ANDRADE et al., 2015).

Esses quatro trabalhos fazem parte de um grupo de pesquisa que analisa em diferentes abordagens a resiliência de uma área de caatinga de agricultura abandonada desde 1994. A área de campo abandonada devido a uma ação antrópica (sofreu corte raso para o estabelecimento de plantio de *Opuntia ficus*) está localizada próxima a uma área de caatinga nativa. Foi constatado que apesar do cenário propício para uma rápida recuperação devido à proximidade do fragmento preservado (área nativa) e do pouco tempo de uso, a área antropizada ainda apresenta diferença na composição florística e na dinâmica populacional do componente herbáceo. Em relação ao componente lenhoso, também existe diferença entre as áreas na chuva de sementes e na composição e estrutura das populações (LOPES et al., 2012; SANTOS et al., 2013; SOUZA et al., 2014). Além do *status* de conservação das áreas,

Andrade et al. (2015) constataram que a existência de microhabitats proporcionam microclimas diferenciados entre essas áreas, sendo eles um fator influente na dinâmica das espécies estabelecidas.

Diante do exposto, podemos inferir que as florestas tropicais secas secundárias apresentam maior potencial de recuperação quando comparadas as florestas úmidas devido à baixa altura das plantas e alto poder de rebrota. Além disso, o tipo de uso que a terra sofreu, o tempo de abandono da área degradada, e sua proximidade a fragmentos preservados influenciam na recuperação dessas áreas. E maneiras de se avaliar o *status* de conservação de uma área, ou seu estágio sucessional é através de estudos de dinâmica populacional e da estrutura da comunidade entre essas áreas. A utilização da metodologia de parcelas estabelecidas em áreas cronossequenciais e/ou acompanhamento de parcelas permanentes ao longo dos anos também trazem respostas eficientes sobre o conhecimento da recuperação de um determinado local. Os estudos de dinâmica das populações estabelecidas nessas áreas informam o *fitness* e determinam as espécies que melhor se estabelecem em diferentes estágios sucessionais. Além disso, fatores ambientais também influenciam fortemente a regeneração e sucessão de áreas antropizadas.

### *2.3 Influência dos fatores ambientais na germinação, estabelecimento e crescimento das plantas em áreas de florestas tropicais secas antropizadas*

Quando uma área é modificada, os indivíduos que se estabelecem nessas áreas perturbadas experimentam condições microclimáticas (como maior disponibilidade de luz, menor disponibilidade de água, temperatura elevada, etc) distintas das encontradas na área preservada (BROOKS, 1999; TITUS e TSUYUZAKI, 2003; GOMÉZ-APARICIO et al., 2005; ANDRADE et al., 2015). Ao conhecermos os fatores influentes na germinação e no estabelecimento de plantas, pode-se de certa forma inferir se uma área modificada possui condições ambientais ou microclimáticas que permitem tais eventos para determinada espécie, facilitando assim o manejo e conseqüente recuperação da área.

A germinação ocorre numa seqüência de eventos fisiológicos influenciada por fatores ambientais (luz, temperatura, disponibilidade de água e de oxigênio e substrato) e internos (inibidores e promotores da germinação) às sementes, que podem atuar por si ou em interação com os demais (KRAMER e KOZLOWSKI, 1972; MAYER, 1986; NASSIF et al., 1998). Dentre os fatores mais citados na literatura temos:

- Disponibilidade de água: é o fator de maior influência sobre o processo de germinação, quando disponível reidrata os tecidos das sementes fornecendo energia para o crescimento embrionário e quando em excesso impede a penetração do oxigênio na semente podendo provocar o decréscimo na germinação (NASSIF et al., 1998; SALO, 2004). Um exemplo de influência positiva da disponibilidade de água na germinação de sementes foi encontrado para *Bromus madritensis* subsp. *rubens* (L.) Duvin que é uma gramínea anual exótica (origem: Mediterrâneo) que ocorre em áreas de deserto no Sul e Sudeste dos Estados Unidos. Sua produção de sementes foi positivamente correlacionada com a precipitação e chuvas erráticas antes do período úmido causam germinação de sementes.

As florestas tropicais sazonalmente secas são caracterizadas pela sazonalidade pronunciada da precipitação, e por suas árvores suportarem essa variação da disponibilidade de água no solo. Hasselquist et al. (2010) analisaram as estratégias utilizadas pelas árvores para superar esse déficit hídrico sazonal em áreas de florestas tropicais secas secundárias localizadas na península do Iucatão, México. Os autores relataram que o rápido desenvolvimento de raízes profundas e a perda de uma parte de suas folhas parecem ser estratégias importantes que minimizam a perda de água durante a estação seca e permite que espécies superem a limitação de água sazonal.

- Luz: as sementes respondem a luminosidade em grande variação, podendo a luz inibir (FERREIRA et al., 2001), estimular (KLEIN e FELIPPE, 1991; ANDRADE, 1995; OLIVEIRA e GARCIA, 2005) ou até mesmo não interferirem na germinação (NASSIF et al., 1998; LOPES et al., 2005).

- Temperatura: exerce forte influência na germinação, sendo considerada ótima, a temperatura na qual a semente expressa seu potencial máximo de germinação no menor espaço de tempo. As temperaturas máxima e mínima são os pontos críticos, onde abaixo e acima das quais, respectivamente, não ocorre germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

- Substrato: têm influência sobre a disponibilidade de água, de gases e de nutrientes e age sobre a temperatura (LOPES et al., 2005). Andrade e Pereira (1994) constataram que os substratos testados em seu trabalho influenciaram sensivelmente a germinação de sementes de cedro, conforme análise dos resultados, confirmando a teoria de que a capacidade de retenção de água de cada substrato, aliado a características intrínsecas que regulam o fluxo de água para as sementes possam ter influenciado o índice de velocidade de germinação das sementes de cedro.

Para garantir sua permanência na área, além de alcançar o sucesso germinativo, a planta precisa se estabelecer e crescer. As diferentes condições de estabelecimento existentes numa determinada área ou local podem proporcionar tanto o aumento do número (densidade) dos indivíduos vegetais quanto atuar como condição limitante para outras espécies. Os fatores ambientais atuantes no estabelecimento e crescimento dos vegetais são: disponibilidade de nutrientes no solo (BROOKS, 1999), umidade do solo (NIPPERT et al., 2006) e do ar, alagamento (JÄKÄLÄNIEMI et al., 2005), locais mais ou menos sombreados (KOSTRAKIEWICZ, 2009; ANDRADE et al. 2015;) e o regime de chuvas da área (CECCON et al., 2006; HOOPER, 2008; LOPES et al., 2012; QUESADA et al., 2009; VILLALOBOS et al., 2011; SOUZA et al., 2014). Podendo esses fatores atuar no estabelecimento de plantas de forma isolada ou em conjunto, e desta forma controlar o tamanho das populações vegetais (ANDRADE et al., 2015) em áreas modificadas quanto preservadas sem deixarmos de levar em consideração as variações climáticas interanuais de cada local. Sabendo que esses fatores podem simular filtros abióticos, atuando como facilitadores frente a mudança das condições microclimáticas e assim permiti a entrada ou o maior desenvolvimento de um indivíduo.

A composição e estrutura de uma comunidade vegetal também podem sofrer mudanças devido a influencia de fatores ambientais. De acordo com a hipótese do policlímax, a diversidade das florestas maduras parece ser influenciada pelas condições locais do solo, microclimas e fatores bióticos. O estudo de Almazán-Nunez et al. (2012) aceita a hipótese, pois ao avaliar as condições locais de uma área de floresta tropical seca no México em relação a composição e estrutura de espécies estabelecidas ao longo de uma cronosequência, os autores verificaram que as áreas correspondentes aos estágios iniciais de sucessão foram dominados por espécies pioneiras típicas, mas espécies de florestas maduras estavam presentes durante toda o cronosequência, sugerindo que fatores ambientais e bióticos atuam na recuperação das áreas, além do tempo de abandono da área.

Esses fatores vêm sendo indicados como peças chave para compreensão da dinâmica de funcionamento dos ecossistemas de ambientes sazonalmente secos, como por exemplo, o da vegetação da caatinga, por afetar o ritmo fenológico das plantas (LIMA et al., 2007; AMORIM et al., 2009; VALDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2010), o banco de sementes do solo (SANTOS et al., 2013b; SILVA et al., 2013), a chuva de sementes (SOUZA et al., 2014), o aporte de serrapilheira (SANTOS et al., 2011), o recrutamento (ANDRADE et al., 2007, ANDRADE et al. 2015), o crescimento e a sobrevivência das plantas (ARAÚJO et al., 2007; VILLALOBOS et al., 2013).



Garcia-Carreras e Parker (2011) com o intuito de determinar as diferenças na distribuição da precipitação sobre áreas de terras agrícolas (degradadas por ação antrópica) e áreas florestais preservadas constataram que a precipitação é de quatro a seis vezes menor em áreas agrícolas do que em áreas de floresta. Os autores constataram que as alterações no meio ambiente estão diretamente relacionadas às mudanças climáticas, podendo ser um obstáculo na regeneração de áreas devido a forte influência na dinâmica das populações ali estabelecidas. É visto que aumento da pressão antrópica na cobertura florestal terrestre e do constante e intenso uso da terra tem ocasionado alterações no clima, conferindo aos habitats florestais modificações dramáticas.

Outros trabalhos também abordam a influência da precipitação e variação temporal na dinâmica das populações estabelecidas em áreas de florestas tropicais secas secundárias. Villalobos et al. (2011) estudaram a dinâmica de mudas em um campo de sucessão secundária em uma floresta tropical seca em Chamela, México. Seus resultados destacam o papel da variação da precipitação anual sobre a dinâmica das comunidades regenerantes nas florestas tropicais secas e que a precipitação tem valor pouco preditivo na cronosseqüência em sistemas florestais, embora apresente a forte variação entre anos.

Estudando diversos fatores influentes em várias fases do estabelecimento de espécies vegetais em florestas tropicais secas secundárias, Vieira e Scariot (2006) verificaram que: a. períodos de seca frequente são fontes importantes na mortalidade de sementes e mudas; b. o lançamento de sementes para germinação em solo úmido aumenta a eficiência no estabelecimento de plântulas; c. locais sombreados favorecem a germinação e o estabelecimento inicial de algumas espécies, no entanto o crescimento de plântulas já estabelecidas é favorecido em áreas abertas.

Desta forma podemos concluir que a velocidade da regeneração das florestas tropicais secas secundárias está relacionada além do tempo de abandono, histórico de uso da terra a proximidade a fragmentos preservados estando todos atrelados aos diversos fatores ambientais. Os fatores apontados na literatura com maior poder de explicação aos processos ecológicos e fisiológicos apresentados pelas espécies estabelecidas nesse tipo de local são: a precipitação (disponibilidade de água), quantidade de luz incidente, umidade relativa do ar e do solo e temperatura, indicando que os trabalhos que se propõem a compreender o processo de regeneração de áreas de florestas tropicais secas secundárias levem em consideração a influência de todos, ou de grande parte desses fatores a fim se obter resultados fidedignos.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHREND, A. et al. Predictable waves of sequential forest degradation and biodiversity loss spreading from an African city. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, p. 14556–14561, 2010.
- ALBUQUERQUE, U.P. et al. Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. **The Scientific World Journal**, p.1-18, 2012.
- ALMAZÁN-NÚÑEZ, R. Changes in composition, diversity and structure of woody plants in successional stages of tropical dry forest in southwest Mexico. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 83, p. 1096-1109, 2012.
- ALMEIDA, A.L.S; ALBUQUERQUE, U.P; CASTRO, C.C. Reproductive biology of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), na endemic fructiferous species of th caatinga (dry forest), under different management conditions in Northeastern Brazil. **Journal of Arid Enviroments**, v. 75, p. 330-337, 2011.
- AMORIM, I.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L. Fenologia de Espécies Lenhosas da caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, v.33, p. 491-499, 2009.
- ANDRADE, A.C.S.; Pereira, T.S. Efeito do substrato e da temperatura na germinação e no vigor de sementes de cedro – *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 16, n. 1, p. 34-40, 1994.
- ANDRADE, J.R. et al. Influence of microhabitats on the performance of herbaceous species in areas of mature and secondary forest in the semiarid region of Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v. 63, 2, p. 357-368, 2015.
- ANDRADE, J.R. et al. Estudo populacional de *Panicum trichoides* Swart. (Poaceae) em uma área de caatinga em Caruaru, Pernambuco. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 858-860, 2007.
- ANDRADE, L.A. et al. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no Município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne**, v, 11, n. 3, p. 253-262, 2005.
- APPIAH, M. Tree population inventory, diversity and degradation analysis of a tropical dry deciduous forest in Afram Plains, Ghana. **Forest Ecology and Management**, v. 295, p. 145-154, 2013.

- ARAÚJO, E.L. et al. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de Caatinga, Caruaru-PE. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 285-294, 2005a.
- ARAÚJO, E.L.; CASTRO, C.C.; ALBUQUERQUE, U.P. Dynamics of brazilian Caatinga – a review concerning the plants, environment and people. **Functional Ecology and Communities**, v. 1, p. 15-28, 2007.
- BREUGEL, M.V.; BONGERS, F.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Species dynamics during early secondary forest succession: recruitment, mortality and species turnover. **Biotropica**, v. 35, p. 610-619, 2007.
- BROOKS, M. L. Habitat invasibility and dominance by alien annual plants in the western Mojave Desert. **Biological Invasions**, v. 1, p. 325–337, 1999.
- BROWN, S.; LUGO, S.D. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, p. 1-32, 1990.
- BUSBY, P. E.; VITOUSEK, P.; DIRZO, R. Prevalence of tree regeneration by sprouting and seeding along a rainfall gradient in Hawaii. **Biotropica**, v. 42, p. 80-86, 2010.
- CARREIRAS, J.M.B. et al. Land use and land cover change dynamics across the Brazilian Amazon: Insights from extensive time-series analysis of remote sensing data. **Plos One**, v. 9, p. 1-24, 2014.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Campinas: Fundação Cargill, 2000. 588p.
- CASTELLETTI, C.H.M. et al. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar, in: Leal, I.R., Tabarelli, M., Silva, J.M.C. (Eds.), *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Ed. Universitária da UFPE, Recife, pp.719-734, 2003.
- CAVALCANTI, A.D.C. et al. Mudanças florísticas e estruturais, após cinco anos, em uma comunidade de Caatinga no estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, nota científica. 2009.
- CECCON, E.; HUANTE, P.; RINCÓN, E. Abiotic factors influencing tropical dry forest regeneration. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.49, n.2, p.305-312, 2006.
- CHAI, S. & TANNER, E. 150 year legacy of land use on tree species composition in old secondary forests of Jamaica. **Journal of Ecology**, v. 99, n. 1, p. 113-121, 2011.

- CHAZDON, R.L. et al. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. **Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences**, v. 362, p. 273-289, 2007.
- CHAZDON, R.L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. Perspectives in Plant Ecology. **Evolution and Systematics**, v. 6, p. 51-71, 2003.
- COOK W.M. et al. Secondary succession in experimentally fragmented landscape: community patterns across space and time. **Ecology**, v. 86, p. 1267-1279, 2005.
- DUPUY, J.M. Patterns and Correlates of Tropical Dry Forest Structure and Composition in a Highly Replicated Chronosequence in Yucatan, Mexico. **Biotropica**, v. 44, n. 2, p. 151-162, 2012.
- FEELEY, K.J. et al. Upslope migration of Andean trees. **Journal of Biogeography**, v. 38, n. 4, p. 783-791, 2011.
- FERREIRA, A. G et al. Germinação de sementes de Asteraceae nativas do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** v. 15, p. 231-242, 2011.
- FIGUEIRÔA, J. M. et al. Effects of cutting regimes in the dry and wet season on survival and sprouting of woody species from the semi-arid caatinga of northeast Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 229, p. 294-303, 2006.
- FINEGAN, B. The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 47, p. 295-321, 1992.
- GANZHORN, J.U., LOWRY, P.P.II, SCHATZ, G. E. & SOMMER, S. The biodiversity of Madagascar: one of the world's hottest hotspots on its way out. **Oryx**, v. 35, p. 346-348, 2001.
- GARCIA-CARRERAS, L.; PARKER, D. J. How does local tropical deforestation affect rainfall? **Geophysical Research Letters**, Irvine, v. 38, L19802, 2011.
- GARIGLIO, M.A.; SAMPAIO, E.V.S.B.; CESTARO, L.A. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Brasília, **Serviço Florestal Brasileiro**, 2010, 369 p.
- GHULAM, A., PORTON, I. and FREEMAN, K. Detecting subcanopy invasive plant species in tropical rainforest by integrating optical and microwave (InSAR/PollInSAR) remote sensing data, and a decision tree algorithm. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 88, p. 174-192, 2014.

- GÓMEZ-APARICIO, L.; GÓMEZ, J. M.; ZAMORA, R. Microhabitats shift rank in suitability for seedling establishment depending on habitat type and climate. **Journal of Ecology**, v. 93, p. 1194-1202, 2005.
- HASSELQUIST, N. J.; ALLEN, M. F.; SANTIAGO, L.S. Water relations of evergreen and drought-deciduous trees along a seasonally dry tropical forest chronosequence. **Oecologia**, v. 164, p. 881-890, 2010.
- HOOPER, E.R. Factors affecting the species richness and composition of neotropical secondary succession: a case study of abandoned agricultural land in 60 Panama, in: MYSTER, R.W. Post-Agricultural succession in the Neotropics. Springer Science, New York, 2008, p. 141-164.
- ISAZA, C.; BERNAL, R.; Howard, P. Use, production and conservation of palm fiber in South America: A review. **J Hum Ecol**, v. 42, n. 1, p. 69-93, 2013.
- JÄKÄLÄNIEMI, A. et al. Colonization-extinction and patch dynamics of the perennial riparian plant, *Silene tatarica*. **Journal of Ecology**, v. 93, p. 670-680, 2005.
- JANZEN, D.H. Florestas tropicais secas: o mais ameaçado dos ecossistemas tropicais, in: WILSON, E. O. **Biodiversidade**. Nova Fronteira. Rio de Janeiro. 1997. p. 166-176.
- JONG, H.K. & BOTELLA, J.R. Callus induction and plant regeneration from Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) for transformation. **Journal Plant Biology**, v. 45, n. 3, p. 177-181, 2002.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF. p. 27-48, 2003.
- KENNARD D.K. Secondary forest succession in a tropical dry forest: patterns of development across a 50-year chronosequence in lowland Bolivia. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p. 53-66, 2002.
- KLEIN, A.; FELIPPE, M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 26, n. 7, p. 955-966, 1991.
- KOSTRAKIEWICS, K. The influence of shadow created by adjacent plants on phenotypic plasticity of endangered species *Trollius europaeus* L (RANUNCULACAE). **Polish Journal of Ecology**, v. 57, n. 4, p. 625-634, 2009.

- KRAMER, P. J. e KOZLOWSKI, T. Fisiologia das árvores. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.
- KY-DEMBELE, C. et al. The relative importance of different regeneration mechanisms in a selectively cut savanna-woodland in Burkina Faso, West Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 243, n. 1, p.28-38, 2007.
- LEBRIJA-TREJOS E. et al. Successional change and resilience of a very dry tropical deciduous forest following shifting agriculture. **Biotropica**, v. 40, p. 422-431, 2008.
- LÉVESQUE, M.; MCLAREN, K.P.; MCDONALD, M.A. Recovery and dynamics of a primary tropical dry forest in Jamaica, 10 years after human disturbance. **Forest Ecology and Management**, v. 262, p. 817–826, 2011.
- LIMA, E.N. et al. Fenologia e dinâmica de duas populações herbáceas da caatinga. **Revista de Geografia**, v. 24, p. 124-141, 2007.
- LOPES C.G.R. et al. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. **Forest Ecology and Management**, v. 271, p. 115 – 123, 2012.
- LOPES, J.C. et al. Influência de temperatura substrato e luz na germinação de sementes de bortalha. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p.18-24, 2005.
- MADEIRA, B.G. et al. Changes in tree and liana communities along a successional gradient in a tropical dry forest in south-eastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 201, p. 291-304, 2009.
- MARTINS, S.V.; DIAS, H.C.T. Importância das Florestas para a Qualidade e Quantidade da Água. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa-MG. Editora UFV, ano IV, n.20, 2001.
- MAYER, A.M. How do seeds their environment? some biochemical aspects of the sensing of water potencial, light and temperature. **Israel Journal of Botany**, v. 35, p. 3-16, 1986.
- MAZA-VILLALOBOS S.; Balvanera P.; Martínez-Ramos M. Early Regeneration of Tropical Dry Forest from Abandoned Pastures: Contrasting Chronosequence and Dynamic Approaches. **Biotropica**, v. 43, p. 666–675, 2011.
- MCDONALD, M. A.; MCLAREN, K. P.; e NEWTON, A. C. What are the mechanisms of regeneration post-disturbance in tropical dry forest? CEE review 07-013 (SR37). Environmental Evidence: [www.environmentalevidence.org/SR37.html](http://www.environmentalevidence.org/SR37.html), 2010.

- MILLER, A.; DUNCAN, R. Extrinsic and intrinsic controls on the distribution of the critically endangered cress, *Ischnocarpus exilis* (Brassicaceae). **Biological Conservation**, v. 110, p. 153-60, 2013.
- MONTEIRO, J.M. et al. Bark regeneration and tannin content in *Myracrodruon urundeuva* Allemão after simulation of extractive damages - implications to management. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 180, p. 31-39, 2011a.
- MURPHY, P.G.; LUGO, A.E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, p. 67–88, 1986.
- NASCIMENTO, V.T. Rural fences in agricultural landscapes and their conservation role in an area of caatinga (dryland vegetation) in Northeast Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v. 11, p. 1005-1029, 2009.
- NASSIF, S.M.L.; VIEIRA, I.G.; FERNADES, G.D. (LARGEA/). Fatores Externos (ambientais) que Influenciam na Germinação de Sementes. Piracicaba: IPEF/LCF/ESALQ/USP, Informativo Sementes IPEF, Abr-1998.
- NEGREROS-CASTILHO, P.; HALL, R.B. Sprouting capability of 17 tropical tree species after overstory removal in Quintana Rôo. México. **Forest Ecology and Management**, v.126, p. 399-403, 2000.
- NIPPERT, J. B.; KNAPP, A. K.; BRIGGS, J. M. Intra-annual rainfall variability and grassland productivity: can the past predict the future? **Plant Ecology**, v. 184, p. 65-74, 2006.
- NORDEN, N. et al. Resilience of tropical rain forests: tree community reassembly in secondary forests. **Ecology Letters**, v. 12, p. 385-394, 2009.
- OLIVEIRA, P.G; GARCIA, Q.S. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Syngonanthus elegantulus* Ruhland, *S. elegans* (Bong.) Ruhland e *S. venustus* Silveira (Eriocaulaceae). **Acta botânica brasílica**, v. 19, n. 3, p. 639-645, 2005.
- PEREIRA, I.M. et al. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Acta botânica brasílica**, v. 15, n. 3, p. 413-426, 2001.
- PEREIRA, I.M. et al. Use-history Effects on Structure and Flora of Caatinga. **Biotropica**, v. 35, n. 2, p. 154–165, 2003.

- PIMM, S. L. The Balance of nature? Ecological issues in the Conservation of species and communities. Chicado. **The University Chicago Press**, 434 p, 1991.
- QUESADA, M.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; ALVAREZ-AÑORVE, M. Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 1014–1024, 2009.
- RUIZ, J.; FANDIÑO, M. C.; CHAZDON, R. L. Vegetation Structure, Composition, and Species Richness Across a 56-year Chronosequence of Dry Tropical Forest on Providencia Island, Colombia. **Biotropica**, v. 37, n. 4, p. 520-530, 2005.
- SALO, L. F. Population dynamics of red brome (*Bromus madritensis* subsp. *rubens*): times for concern, opportunities for management. **Journal of Arid Environments**, v. 57, p. 291-296, 2004.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Uso das plantas da caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VÍRGINIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. (Eds) Vegetação e Diversidade e abundância inter-anual no componente herbáceo. Flora da Caatinga, Associação Plantas do Nordeste. Centro Nordestino de Informação sobre plantas. Recife, PE, p. 49-90, 2002.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B. Desertificação no nordeste do Brasil. In. **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 30, 2005. Recife:UFPE/SBCS, 2005.
- SAMPAIO, E.V.S.B. et al. Regeneração da vegetação após corte e queima, em Serra Talhada, PE. **Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, v. 33, p. 621– 632, 1998.
- SAMPAIO, E.V.S.B. et al. Tree biomass estimation in regenerating areas of tropical dry vegetation in northeast Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1135-1140, 2010.
- SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G.A. et al. Research priorities for neotropical dry forests. **Biotropica**, v. 37, n. 4, p. 477-485, 2005.
- SANTOS, D.M. et al. 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 – Morphology, Distribution, Functional Ecology of plants**. v. 208, n. 7, p. 445-462, 2013b.
- SANTOS, J. M. F. F. et al. Natural regeneration of the herbaceous community in a semiarid region in Northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, p. 8287-8302, 2013a.



- SANTOS, P.S. et al. Diferenças Sazonais no Aporte de Serrapilheira em uma área de Caatinga em Pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 24, p. 94 – 101, 2011.
- SILVA, K.A. et al. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. **Acta Oecologica (Montrouge)**, v. 46, p. 25-32, 2013.
- SOUZA, J.T. et al. Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate? **Plant Biology**, v. 16, n. 4, p. 748-756, 2014.
- SOUZA, M.J.N. Contexto geoambiental do semi-árido do Ceará: problemas e perspectivas. In: SOBRINHO, J.F.; FALCÃO SOBRINHO, J. (orgs.). **Semi-árido: diversidade, fragilidades e potencialidades**. Sobral, Sobral Gráfica, 2006. Cap 2. p14-33.
- THOMPSON, J. et al. Land use history, environment, and tree composition in a tropical forest. **Ecological Applications**, v. 12, p. 1344–1363, 2002.
- TITUS, J. H.; TSUYUZAKI, S. Distribution of plants in relation to microsites on recent volcanic substrates on Mount Koma, Hokkaido, Japan. **Ecological Research**, v. 18, p. 91–98, 2003.
- VALDEZ-HERNÁNDEZ, M. et al. Phenology of five trees species of a tropical dry forest in Yucatan, México: effects of environmental and physiological factors. **Plant Soil**, v. 339, p. 155-171, 2010.
- VIEIRA, D.L.M.; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. **Restoration Ecology**, v. 14, p. 11-20, 2006.
- VILLALOBOS, S.M.; BALVANERA, P.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Early Regeneration of Tropical Dry Forest from Abandoned Pastures: Contrasting Chronosequence and Dynamic Approaches. **Biotropica**, v. 43, n. 6, p. 666-675, 2011.
- VILLALOBOS, S.M.; POORTER, L.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Effects of ENSO and Temporal Rainfall Variation on the Dynamics of Successional Communities in Old-Field Succession of a Tropical Dry Forest. **Plos One**, v. 8, n. 12, 2013.
- XAUD, H. A. M, MARTINS, F. S. R. V. and SANTOS, J. R. Tropical forest degradation by mega-fires in the northern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 294, p. 97-106, 2013.

WAROX, Y. P; LAMBIN, E. F. Monitoring degradation in arid and semi-arid forests and woodland: The case of the argan woodland (Marocco). **Applied Geography**, v.32, p. 777-786, 2011.

WESSELS K.J. et al. Impact of communal land use and conservation on woody vegetation structure in the Lowveld savannas of South Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 19–29, 2011.

WIJDEVEN, S.M.J.; KUZEE, M.E. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. **Restoration Ecology**, v. 8, n. 4, p. 414-424, 2000.

ZANELLA L. et al. Atlantic Forest Fragmentation Analysis and Landscape Restoration Management Scenarios. **Natureza & Conservação**, v. 10, n. 1, p. 56-63, 2012.

---

CAPÍTULO 1

---

Artigo enviado ao Journal of Vegetation Science  
Qualis A2

## Curta escala temporal de regeneração em floresta tropical seca do Brasil

Juliana Ramos de Andrade<sup>1\*</sup>; Kleber Andrade da Silva<sup>2</sup>; Clarissa Gomes Reis Lopes<sup>3</sup>; José Alberes da Cunha Santos; Elcida de Lima Araújo<sup>1</sup>

1. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos CEP: 52171-900 – Recife – PE, Brasil.

\*Autor para correspondência: Tel.: +558133206308; fax: +558133206360/ Endereço de email: julirandrade@yahoo.com.br

2. Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua do Alto do Reservatório s/n, Bela Vista CEP: 55608-680, Vitória de Santo Antão-PE, Brasil.

3. Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella, Av. Universitária s/n, Bairro Ininga, CEP: 64049-550, Teresina – PI, Brasil.

### Resumo

As florestas tropicais secas são extensas em todo o mundo e estão sendo modificadas por ações antrópicas. Com o objetivo de caracterizar e comparar a densidade, riqueza, altura, diâmetro e área basal de uma floresta secundária da caatinga que sofreu intervenção antrópica em um intervalo de cinco anos de regeneração, foram estabelecidas 200 parcelas (5 x 10 m) em uma área de floresta secundária de caatinga localizada no município de Caruaru-PE, Brasil. Nos anos de 2008 e 2013 cada uma das parcelas teve todos os indivíduos vivos presentes no interior das parcelas com diâmetro do caule ao nível do solo  $\geq 3$  cm medidos quanto à altura e diâmetro. Foram realizados dois monitoramentos, com intervalo de cinco anos entre eles. O primeiro em 2008 e o segundo em 2013. Com o passar dos cinco anos a quantidade de espécies presente nos anos estudados foi praticamente à mesma apesar de haver acréscimo de uma espécie e desaparecimento de duas espécies. Houve redução na densidade total e a área basal média devido ao amadurecimento da floresta e provavelmente, a seca prolongada de 2012. Em 2008 a área basal total era de  $10,59 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ , aumentando para  $11,01 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ . A altura média da comunidade não apresentou aumento significativo variando de 3,59 m em 2008 para 3,65 m no ano de 2013. O quantitativo dos indivíduos inseridos nas menores classes de diâmetro diminuiu de 2008 para 2013, ocorrendo o inverso nas maiores classes. Os parâmetros estruturais alteraram para mais ou para menos para um grupo de espécies, ficando outro grupo sem apresentar alterações significativas. Concluiu-se que a velocidade do processo regenerativo e a resiliência da floresta é afetada pelo tempo de abandono sendo as alterações que acontecem num espaço de cinco anos pode ser considerada lenta e não permite detectar grandes mudanças no avanço do processo de recuperação de uma floresta que já apresenta 19 anos de idade.

Palavras chaves: semiárido, caatinga, campo abandonado, lenhosa, fitossociologia, sucessão ecológica

## **Introdução**

Em todo o mundo, os serviços e produtos que as florestas disponibilizam para a humanidade são diversos (Monteiro et al. 2006; Lucena et al. 2008; Peres et al. 2011; Isaza et al. 2013) e as formas de uso da terra e dos recursos das florestas têm ocasionado impactos, como fragmentação das florestas e perda de habitat, que afetam e/ou ameaçam a vida selvagem, influenciando negativamente a diversidade por promover a extinção local de espécies (Wessels et al. 2011; Zanela et al. 2012).

No entanto, algumas das áreas modificadas por ações humanas apresentam capacidade de regenerar naturalmente, possibilitando o aparecimento de florestas secundárias que estão sendo consideradas como as florestas do futuro (Wijdeven & Kuzee, 2000; Chazdon, 2003; Pereira et al. 2003). A capacidade de recuperação das florestas, ou seja, sua resiliência às perturbações ocorridas tem chamado à atenção de muitos pesquisadores (Sampaio et al. 1998; Lévesque et al. 2011; Dupuy et al. 2012) porque representa uma chance de regeneração de florestas degradadas. Isso poderia contribuir para recuperação dos serviços e benefícios ecossistêmicos que protegem também a vida humana.

O histórico de uso da terra, o tipo e intensidade da perturbação antrópica e a proximidade de fragmentos de florestas preservadas (Nascimento et al. 2008; Quesada et al. 2009; Dupuy et al. 2012; Lopes et al. 2012; Villalobos et al. 2013; Souza et al. 2014) são fatores que influenciam o processo e o tempo de regeneração das áreas perturbadas. Consequentemente, questões sobre como ocorre o processo de resiliência das florestas e o tempo necessário para sua completa recuperação precisam ser avaliadas e respondidas localmente, considerando o contexto histórico da perturbação e os atributos florísticos e estruturais de cada tipo de floresta. Por exemplo, vem sendo admitido que as florestas tropicais sazonalmente secas tendem a ser mais resistentes às perturbações e a se recuperar mais rapidamente quando comparada as florestas úmidas, devido à sua baixa estatura (Murphy & Lugo 1986) e alta proporção de espécies com capacidade de rebrota (Sampaio et al. 1998; Figueroa et al. 2006; Vieira e Scariot 2006; Ky-Dembele et al. 2007; Madeira et al. 2009; McDonald et al. 2010; Busby et al. 2010; Souza et al. 2014), sendo esta última característica de grande influência na velocidade do processo de recuperação das florestas e na estrutura genética da nova floresta formada.

Todavia, apesar do potencial de recuperação que as florestas sazonalmente secas apresentam, o processo de regeneração pode ser complexo em função das características biológicas do conjunto de espécies que atua nas diferentes etapas do processo sucessional, bem como em função das variações climáticas interanuais de cada local, incluindo a disponibilidade de água que vem sendo indicada como um fator chave para compreensão da dinâmica de

funcionamento dos ecossistemas de ambientes sazonalmente secos, como por exemplo, o da vegetação da caatinga, por afetar o ritmo fenológico das plantas (Lima et al. 2007; Amorim et al. 2009; Valdez-Hernández et al. 2010), o banco de sementes do solo (Santos et al. 2013; Silva et al. 2013), a chuva de sementes (Souza et al. 2014), o aporte de serrapilheira (Santos et al. 2011), o recrutamento (Andrade et al. 2007), o crescimento e a sobrevivência das plantas (Araújo et al. 2007; Villalobos et al. 2013).

Uma das formas de se avaliar o processo de regeneração de uma floresta secundária e sua velocidade de recuperação é monitorar a recuperação da composição florística e das características estruturais da comunidade re-estabelecida (Pereira et al. 2003; Norden et al. 2009; Lopes et al. 2012), através de estudos de cronosequência (Sánchez-Azofeifa et al. de 2005; Chazdon et al. 2007; Quesada et al. 2009; Feeley et al. 2011; Lévesque et al. 2011; Almazán-Núñez 2012). Os estudos de regeneração florestal podem monitorar áreas por períodos curtos ou longos. Estudos de séries temporais curtas não permite compreender o processo de sucessão como um todo, porém permitem análises que visem determinar a faixa de variação das mudanças dos atributos das florestas sazonalmente secas e encontrar generalizações sobre o processo de sucessão de áreas antrópicas.

Apesar de existir diferenças locais no processo de regeneração e recuperação natural das florestas antrópicas, nos ambientes secos os estudos realizados vêm mostrando que: (a) riqueza, altura e área basal das espécies são maiores nas florestas mais maduras (Lévesque et al. 2011; Dupuy et al. 2012; Villalobos et al. 2013); (b) a densidade de indivíduos é menor nas florestas mais maduras (Sampaio et al. 1998; Dupuy et al. 2012) e (c.) parece inexistir espécies determinantes na composição florística de cada sere sucessional (Dupuy et al. 2012).

Partindo da premissa que a estrutura da comunidade das florestas possam funcionar como indicadores do efeito da perturbação antrópica este estudo tem como objetivo avaliar a velocidade de recuperação de uma floresta secundária, averiguando se em um intervalo de cinco anos de regeneração a floresta apresenta mudanças nesses indicadores. Tendo como hipóteses: 1. A densidade da comunidade arbórea em uma floresta secundária da caatinga diminui em um intervalo de cinco anos de regeneração; 2. A riqueza, altura, diâmetro e área basal da comunidade arbórea em uma floresta secundária da caatinga aumentam em um intervalo de cinco anos de regeneração.

## **Material e Métodos**

### *Descrição e histórico de uso da área*

O estudo foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA (8°14'18"S e 35°55'20"W, 537m de altitude), inserida em uma área de floresta tropical sazonalmente seca (caatinga) no município de Caruaru-PE, Brasil. O clima é semiárido do tipo BSh de Köppen (Köppen 1948), com precipitação média anual de 710 mm, concentradas entre março e agosto e temperatura média de 22,7 °C. Apesar da sazonalidade climática ser bem definida pode ocorrer eventuais chuvas na estação seca, bem como veranicos na estação chuvosa, ou até mesmo antecipação e/ou retardo no início de cada estação (Araújo et al. 2007). Os totais pluviométricos dos anos do estudo estão na figura 1.

Na sua fundação em 1959, a estação possuía uma área de 190 ha que após a implantação de pesquisas agropecuárias, a área de floresta nativa foi reduzida a um fragmento de 30 ha. Em 1994, 3 ha da vegetação nativa sofreu corte raso para o cultivo de palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill.), não sendo utilizado fogo nem pesticidas para o preparo da terra. O fragmento antropizado é paralelo à área de vegetação nativa, distanciando-se apenas três metros por uma estrada de areia. Após seis meses o cultivo foi abandonado, não sofrendo mais nenhum tipo de intervenção antrópica. Estes três hectares de floresta tropical seca secundária vem se regenerando desde seu abandono e foi selecionada para a execução deste trabalho.

O solo da floresta tropical seca secundária é classificado como Podzólico Amarelo tb eutrófico, abrupto, a moderado, textura franco-arenosa (Alcoforado-Filho et al. 2003). O pH do solo é de 5,2, os valores médios de areia grossa, areia fina, silte e argila é de: 41, 26, 22 e 11%, respectivamente e umidade a 0,3 e 15 atm é de 22,37 e 13,29%. Os nutrientes P, Na e K foram de 6,78, 23,6, 104, ppm e o Ca, Mg, H e Al foram de 1,02, 0,37, 3,17, 0,34 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente.

#### *Coleta dos dados*

Em 2008 foram estabelecidas 200 parcelas permanentes de 5x10 m em 1 hectare da floresta secundária. As parcelas foram distribuídas em cinco colunas e 30 linhas equidistantes de 3 m tendo como ponto inicial 1 m da borda do fragmento. Durante a estação chuvosa de 2008 e de 2013 (figura 1), todos os indivíduos estabelecidos no interior das parcelas com diâmetro do caule ao nível do solo (DNS) > 3 cm foram marcados e medidos quanto à altura e diâmetro. As medidas de altura das plantas foram tomadas com auxílio de vara graduada e/ou trena métrica. Os diâmetros dos caules foram mensurados com um paquímetro digital e os perímetros dos indivíduos de maior porte foram mensurados com fita métrica. Os indivíduos que apresentaram caules perfilhados acima do solo tiveram cada perfilho medido individualmente e posteriormente calculado o diâmetro único do indivíduo. Os indivíduos mensurados em perímetro tiveram sua

área basal calculada e posteriormente transformada em diâmetro. Foram realizadas visitas mensais às parcelas amostradas e feitas caminhadas por toda a área para coleta de material reprodutivo a fim de auxiliar na identificação das espécies.

O material botânico foi herborizado, segundo técnicas usuais de preparação, secagem e montagem de exsicatas (Mori et al. 1989) e depositadas no herbário Prof. Vasconcelos Sobrinho (PEUFR). A identificação taxonômica foi realizada por comparações com exsicatas depositadas nos herbários PEUFR e Dárdano de Andrade Lima (IPA) e com o auxílio de chaves taxonômicas e literatura específica. A classificação botânica foi à proposta pelo APG III (APG 2009) e a grafia do nome das espécies foi consultada no banco de dados do Jardim Botânica do Rio de Janeiro – [www.jbrj.gov.br](http://www.jbrj.gov.br).

#### *Análise dos dados*

Para caracterizar a estrutura da vegetação da floresta que vem se regenerando foram calculados os seguintes parâmetros fitossociológicos: densidade, área basal, altura e diâmetros médios pelo programa Fitopac 2.1 (Shepherd 1995). Diferenças na riqueza média da comunidade e na estrutura (densidade, altura e diâmetro médios) da comunidade e de cada população estabelecida dentro das parcelas, entre os anos de 2008 e 2013, foram verificadas pela ANOVA, com teste de Tukey HSD a 5% a posteriori, através do programa Statistic 6.0.

A estrutura da comunidade de cada ano foi comparada através da Análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), utilizando a matriz de dissimilaridade Bray-Curtis, com base no quantitativo de indivíduos das espécies estabelecidas nas 200 parcelas. O ANOSIM foi utilizado para verificar a significância do agrupamento formado no NMDS pelo programa Primer-E 6.0 (Clarke & Gorley 2006).

### **Resultados**

A densidade total da área foi de 3.306 ind.ha<sup>-1</sup> em 2008 e de 2.890 ind.ha<sup>-1</sup> em 2013. A densidade média da comunidade foi significativamente maior em 2008 (Fig. 2A). As espécies de maiores densidades, independente do ano foram *Croton blanchetianus*, *Cordia trichotoma*, *Lonchocarpus sericeus*, *Piptadenia stipulacea*, *Acacia paniculata*, *Poincianella pyramidalis* e *Mimosa arenosa* (Tabela 1).

Apesar de não ser incluído nas análises estatísticas houve um grande número de indivíduos mortos em pé com DNS  $\geq 3$ . Em 2008 foram registrados 229 indivíduos (6,4% dos indivíduos com DNS $\geq 3$ ) mortos, desses apenas 19 (8,2% dos indivíduos mortos em pé de 2008)



mantiveram-se dentro da amostragem em 2013. De todos os indivíduos vivos marcados em 2008, 77 (2,3%) estavam mortos no levantamento de 2013.

Em 2008, foram encontradas 35 espécies e 16 famílias. Fabaceae (10), Euphorbiaceae (5) e Anacardiaceae (3) sendo as famílias mais representativas. As outras famílias foram representadas por duas ou apenas uma espécie (Tabela 1). No ano de 2013, a área apresentou 34 espécies e 17 famílias, destacando-se: Fabaceae (9), Euphorbiaceae (5), Anacardiaceae (3). Não houve um padrão consistente da riqueza de espécies das parcelas entre os anos. A distribuição espacial das espécies (riqueza média por parcela) foi significativamente maior em 2008 (Fig. 3A).

Das espécies amostradas apenas duas não ocorrem em 2013, estando essas representadas por apenas um indivíduo. Em 2008, foram exclusivas: *Cordia curassavica* e Fabaceae 2 (Tabela 1). A análise ANOSIM apontou diferença significativa ( $R$  global = 0,033 e  $p < 0,01$ ) na estrutura da comunidade entre os anos, representados pelo NMDS, essa variação está atrelada à abundância das espécies (Fig. 3B).

Os valores de altura média, diâmetro médio e área basal alteraram-se entre os anos de estudo. Apesar da altura média da comunidade ter aumentado entre os anos, passando de 3,52 m (2008) para 3,65 m (2013) esse aumento não foi significativo (Tabelas 1 e 2). Quando observado por espécie houve as que apresentaram aumento significativo da altura média, as que diminuíram significativamente ou que mativeram a altura média dos indivíduos de suas populações (Tabela 2).

Os valores médios de diâmetro da estrutura da comunidade vegetal estabelecida na floresta secundária em 2013 foram significativamente maiores do que em 2008 (Fig. 2C). De todas as espécies em comum entre 2008 e 2013, sete apresentaram valores do diâmetro médio significativamente diferente. *Croton blanchetianus* e *Piptadenia stipulacea* reduziram seus valores de diâmetro médio e *Cordia trichotoma*, Fabaceae 1, *Guapira laxa*, *Lonchocarpus sericeus* e *Schinopsis brasiliensis* aumentaram em 2013 (Tabela 2). O quantitativo dos indivíduos inseridos nas maiores classes de diâmetro diminuiu de 2008 para 2013, ocorrendo o inverso nas menores classes (Fig. 4A).

Em 2008 a área basal total era de 10,59 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, aumentando para 11,01 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> em 2013. Um total de 11 espécies apresentou aumento da área basal (Tabela 1).

As quatro espécies de maior VI entre os anos foram as mesmas: *Croton blanchetianus*, *Piptadenia stipulaceae*, *Cordia trichotoma* e *Piptadenia colubrina*, embora tenha oscilado a ordem de importância de cada uma para cada ano (Fig. 4B). As mudanças nos valores de VI das principais espécies ocorridas entre os anos podem ser observadas na figura 4.

## Discussão

A mudança estrutural da comunidade em um intervalo de cinco anos foi uma consequência da redução na densidade e aumento do diâmetro médio dos indivíduos, pois este curto tempo de regeneração não foi suficiente para entrada de novas espécies e aumento da altura média dos indivíduos, sendo aceita a hipótese de que com o avanço da regeneração ocorre o aumento na riqueza e na altura da floresta.

O avanço do processo sucessional ocasiona redução na densidade de algumas populações (Sampaio et al. 1998; Dupuy et al. 2012), como também foi verificado neste estudo. Além disso, a literatura registra que com o passar do tempo do abandono de uma atividade antrópica, reduções na riqueza e densidade da floresta atuam como um indicativo do avanço no amadurecimento da mesma (Trejo & Dirzo 2002; Carreto & Almazán 2004; Gallardo-Cruz et al. 2005), o que talvez explique as alterações na riqueza e densidade deste estudo, pois apesar de cinco anos ser um intervalo de tempo relativamente curto, não impede que a floresta continue seu processo de recuperação natural.

A redução na densidade registrada no intervalo dos cinco anos analisados pode ser um reflexo do avanço do processo sucessional e do amadurecimento da nova floresta (Sampaio et al. 1998; Dupuy et al. 2012) ou consequência da estocaticidade ambiental, sobretudo, no que se refere à irregularidade interanual na distribuição das chuvas. A dinâmica das populações da área estudada é fortemente influenciada pela sazonalidade climática e pela ocorrência de secas eventuais dentro do período chuvoso ou de chuvas erráticas dentro do período seco, sendo uma das causas da mortalidade e redução do tamanho populacional (Andrade et al. 2007; Araújo et al. 2007). Além disso, anos muitos secos ou muitos chuvosos influenciam no recrutamento de indivíduos em anos posteriores (Villalobos et al. 2013), influenciando a densidade das populações.

A discreta alteração na estrutura da comunidade no intervalo dos cinco anos apesar do conjunto de espécies ser praticamente o mesmo é reflexo da abundância das populações. Variações tênues na estrutura da comunidade entre anos são indicadas na literatura como um reflexo da estabilidade das espécies, sugerindo que a área não está mais na etapa inicial do processo sucessional (Lévesque et al. 2011; Dupuy et al. 2012; Villalobos et al. 2013). Vale destacar que a área estudada localizava-se muito próxima da floresta madura que ocorre na estação experimental, o que pode favorecer a chegada de diásporos e acelerar a regeneração (Cook et al. 2005; Lopes et al. 2012; Souza et al. 2014).

O histórico de uso da área, o tipo de intervenção antrópica sofrida (corte, queima, corte e queima, agrotóxicos e pesticidas) (Van Bloem et al. 2005; Lopes et al. 2012; Miller 2013) e

sazonalidade climática local (Lopes et al. 2012; Villalobos et al. 2011; Santos et al. 2013) afetam o processo e o tempo de resiliência de uma área antropogênica. Mesmo em áreas com um único histórico de perturbação e com proximidade de uma fonte de propágulos, o tempo para resiliência da floresta pode ser longo, como registrado por Lopes et al. (2012) ao constatarem que 16 anos de regeneração da mesma área deste estudo não eram suficientes para que ocorresse completa semelhança entre as florestas jovem e madura em termos de estrutura e composição florística.

Durante o intervalo 2008-2013 houve um evento de seca severa em 2012, ocorrendo metade do total de chuvas que ocorre em média na área (Fig. 1), é possível que a redução da densidade no intervalo deste estudo esteja refletindo esse evento de forte seca que ocorreu na área do estudo e não o avanço do processo de recuperação da floresta. Alguns trabalhos já verificaram que eventos de secas prolongadas afetam a regeneração de áreas perturbadas, retardando o processo de sucessão. A redução na densidade e na estrutura da comunidade ocasionadas por esses eventos climáticos pode levar ao aumento da representatividade de espécies mais tolerantes à seca (Feeley et al. 2011; Villalobos et al. 2013). Estes resultados indicam que florestas tropicais secas podem levar mais tempo para se regenerarem devido a chuvas irregulares e secas prolongadas, atrasando o processo sucessional.

A diferença na composição de espécies por parcela, atrelada a grande redução na densidade total da área, reflete que algumas espécies estão tendendo a desaparecer da área. Podemos destacar *Acacia paniculata*, *Lantana camara* e *Lippia americana* como espécies sujeitas a desaparecer na área deste estudo com o aumento do tempo de abandono, indicando a tendência de ocorrer espécies características em cada estágio sucessional.

A altura média, o diâmetro médio e área basal dos indivíduos aumentaram em 2013. Em outros trabalhos de florestas perturbadas esses valores aumentam com o tempo de abandono da área concomitante a redução da densidade (Dupuy et al. 2012). O aumento do diâmetro médio em 2008 esteve concentrado nos indivíduos pertencentes às maiores classes de diâmetros, pois geralmente a mortalidade é maior nos indivíduos pertencentes às menores classes de diâmetro (Lévesque et al. 2011).

Grande parte dos trabalhos voltados a entender como se dá a resiliência de áreas secas antropizadas aponta que o aumento do tempo de abandono da área é visualizado no aumento do valor de área basal total, do diâmetro médio e da altura média (Sánchez-Azofeifa et al. de 2005; Quesada et al. 2009; Feeley et al. 2011; Lévesque et al. 2011; Almazán-Núñez 2012).

As espécies mais importantes na jovem floresta em 2013 ainda são muito diferentes das espécies de maior VI estabelecidas na floresta madura próxima. Segundo Alcoforado-Filho et al.

(2003) as dez espécies de maior importância da floresta madura foram *Poincianella pyramidalis*, *Schinopsis brasiliensis*, *Solanum sp.*, *Bauhinia cheilantha*, *Maprounea cf. guianensis*, *Piptadenia colubrina*, *Eugenia uvalha*, *Mimosa malacocentra*, *Piptadenia stipulacea*, *Commiphora leptophloeos* e *Pithecelobium parviflorum* e muitas delas ainda não apresentam valor de importância considerável na jovem floresta, sugerindo que a mesma ainda não atingiu sua completa maturidade, confirmando o registrado por Lopes et al. (2012).

Em síntese, esse trabalho verificou que em cinco anos ocorreram alterações tênues na composição de espécies distribuídas entre as parcelas amostradas e nos valores de riqueza. Os parâmetros estruturais alteraram para mais ou para menos em um grupo de espécies, ficando outro grupo sem apresentar alterações significativas. Concluiu-se que o tempo de abandono afeta o processo regenerativo e a resiliência da floresta, mas a velocidade com que as alterações acontecem num espaço de cinco anos pode ser considerada lenta e não permite detectar grandes mudanças no avanço do processo de recuperação de uma floresta que já apresente 16 anos de idade. Além disso, a ocorrência de um evento climático atípico (seca severa de 2012) afeta no processo sucessional retardando a regeneração da área de floresta seca secundária.

### **Agradecimentos**

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto Agrônomo de Pesquisa Agropecuária (IPA) pela logística e permissão de trabalhar em sua propriedade; aos pesquisadores do Laboratório de Ecologia Vegetal e Ecossistemas Nordestinos (LEVEN) pelo apoio, sugestões e auxílio na execução do projeto; a Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (Facepe), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas (primeira autora e bolsa produtividade em pesquisa) e apoio financeiro ao projeto.

### **Referências Bibliográficas**

- Alcoforado-Filho, F.G., Sampaio, E.V.S.B., Rodal, M.J.N. 2003. Florística fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifolia espinhosa arbórea em Caruaru. *Acta Botanica Brasílica* 17: 287-303.
- Almazán-Núñez, R.C., Arizmendi, M.D.C., Eguiart. P.C. 2012. Changes in composition, diversity and structure of woody plants in successional stages of tropical dry forest in southwest Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 1096-2010.

- Amorim, I.L., Sampaio, E.V.S.B., Araújo, E.L. 2009. Fenologia de Espécies Lenhosas da caatinga do Seridó, RN. *Revista Árvore* 33: 491-499.
- Andrade, J.R., Santos, J.M.F.F., Lima, E.N., Lopes, C.G.R., Silva, K.A., ARAÚJO, E.L. 2007. Estudo populacional de *Panicum trichoides* Swart. (Poaceae) em uma área de caatinga em Caruaru, Pernambuco. *Revista Brasileira de Biociências* 5: 858-860.
- APG (Angiosperm Phylogeny Group) III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.
- Araújo, E.L., Castro, C.C., Albuquerque, U.P. 2007. Dynamics of brazilian caatinga – a review concerning the plants, environment and people. *Functional Ecology and Communities* 1: 15-28.
- Carreto, B.E and Almazán, A. 2004. Vegetación en la laguna de Tuxpan y alrededores. In Estudios florísticos en Guerrero, N.; Diego-Pérez & R.M. Fonseca (eds.), *Facultad de Ciencias*, pp. 1-30. UNAM, México.
- Busby, P.E., Vitousek, P., Dirzo, R. 2010. Prevalence of tree regeneration by sprouting and seeding along a rainfall gradient in Hawaii. *Biotropica* 42: 80-86.
- Chazdon, R.L. 2003. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. Perspectives in Plant Ecology. *Evolution and Systematics* 6: 51-71.
- Chazdon, R.L., Letcher, S.G., Van Breugel, M., Martínez-Ramos, M., Bongers, F., Finegan, B. 2007. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 362: 273-289.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N. 2006. Primer v6: user manual/tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Cook, W.M., Yao, J., Foster, B.L., Holt, R.D., Patrick, L.B. 2005. Secondary succession in experimentally fragmented landscape: community patterns across space and time. *Ecology* 86: 1267-1279.
- Dupuy, J.M., Hernández-Stefanoni, J.L., Hernández-Juárez, R.A., Tetetla-Rangel, E., López Martínez, J.O., Leyequién-abarca, E., Tun-dzul, F.J. 2012. Patterns and Correlates of Tropical Dry Forest Structure and Composition in a Highly Replicated Chronosequence in Yucatan, Mexico. *Biotropica* 44: 151-162.
- Feeley, K.J., Silman, M.R., Bush, M.B., Farfan, W., Cabrera, K.G., Malhi, Y., Meir, P., Revilla, N. S., Quisiyupanqui, M. N. R., Saatchi, S. 2010. Upslope migration of Andean trees. *Journal of Biogeography* 38: 783-791.

- Figuerôa, J.M., Pareyn, F.G., Araújo, E.L., Silva, C.E., Santos, V.F., Cutter, D.F., Baracat, A., Gasson, P. 2006. Effects of cutting regimes in the dry and wet season on survival and sprouting of woody species from the semi-arid caatinga of northeast Brazil. *Forest Ecology and Management* 229: 294-303.
- Gallardo-Cruz, J.A., Meave, J.A., Pérez-García, E.A. 2005. Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76: 19-35.
- Isaza, C., Bernal, R., Howard, P. 2013. Use, production and conservation of palm fiber in South America: A review. *J Hum Ecol* 42: 69-93.
- Köppen, W. 1948. Climatología: con um estudo de los climas de la Tierra. Fondo de Cultura Economica, México.
- Ky-Dembele, C., Tigabu, M., Bayala, J., Quedraogo, S.J., Oden, P.C. 2007. The relative importance of different regeneration mechanisms in a selectively cut savanna-woodland in Burkina Faso, West Africa. *Forest Ecology and Management* 243: 28-38.
- Lévesque, M., McLaren, K.P., McDonald, M.A. 2011. Recovery and dynamics of a primary tropical dry forest in Jamaica, 10 years after human disturbance. *Forest Ecology and Management* 262: 817–826.
- Lima, E.N., Araújo, E.L., Ferraz, E.M.N., Sampaio, E.V.S.B., Silva, K.A., Pimentel, R.M.M. 2007. Fenologia e dinâmica de duas populações herbáceas da caatinga. *Revista de Geografia* 24: 124-141.
- Lopes, C.G.R., Ferraz, E.M.N., Castro, C.C., Lima, E.N., Santos, J.M.F.F., Santos, D.M., Araújo, E.L. 2012. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. *Forest Ecology Management* 271: 115-123.
- Lucena, R.F.P., Nascimento, V.T., Araújo, E.L., Albuquerque, U.P. 2008. Local uses of native plants in area of caatinga vegetation Pernambuco - NE, Brazil. *Ethnobotany Research and Applications* 6: 3-13.
- Madeira, B.G., Espírito-Santo, M.M., D'angelo Neto, S., Nunes, Y.R.F., Azofeifa, G. A.S., Fernandes, G.W., Quesada, M. 2009. Changes in tree and liana communities along a successional gradient in a tropical dry forest in south-eastern Brazil. *Plant Ecology* 201: 291-304.
- McDonald, M. A., McLaren, K. P., Newton, A.C. 2010. What are the mechanisms of regeneration post-disturbance in tropical dry forest? CEE review 07-013 (SR37). Environmental Evidence: [www.environmentalevidence.org/SR37.html](http://www.environmentalevidence.org/SR37.html)

- Miller, A., Duncan, R. 2013. Extrinsic and intrinsic controls on the distribution of the critically endangered cress, *Ischnocarpus exilis* (Brassicaceae). *Biological Conservation* 110: 153-60.
- Monteiro, J.M., Albuquerque, U.P., Lins-Neto, E.M.F., Araújo, E.L., Amorim, E.L. C. 2006. Use patterns and knowledge of medicinal species among two rural communities in Brazil's semi-arid northeastern region. *Journal of Ethnopharmacology* 105: 173-186.
- Mori, A.S., Silva, L.A.M., Lisboa, G. 1989. Manual de manejo do herbário fanerogâmico. 2a ed. Centro de Pesquisa do Cacau, Ilheus.
- Murphy, P.G., Lugo, A.E. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 67–88.
- Nascimento, V.T., Sousa, L.G., Alves, A.G.C., Araújo, E.L., Albuquerque, U.P. 2009. Rural fences in agricultural landscapes and their conservation role in an area of caatinga (dryland vegetation) in Northeast Brazil. *Environment, Development and Sustainability* 11: 1005-1029.
- Norden, N., Chazdon, R.L., Chao, A., Jiang, Y.H., Vilchez-Alvarado, B. 2009. Resilience of tropical rain forests: tree community reassembly in secondary forests. *Ecology Letters* 12: 385-394.
- Pereira, I.M., Andrade, L.A., Sampaio, E.V.S.B., Barbosa, M.R.V. 2003. Use-history Effects on Structure and Flora of Caatinga. *Biotropica* 35: 154–165.
- Peres C. A. 2011. Conservation in Sustainable-Use Tropical Forest Reserves. *Conservation Biology*. 25(6): 1124–1129.
- Quesada, M., Sanchez-Azofeifa, G.A., Alvarez-Añorve, M. 2009. Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. *Forest Ecology and Management* 258: 1014–1024.
- Sampaio, E.V.S.B., Araújo, E.L., Salcedo, I.H., Tiessen, H. 1998. Regeneração da vegetação após corte e queima, em Serra Talhada, PE. *Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária* 33: 621– 632.
- Sánchez-Azofeifa, G.A., Quesada, M., Rodriguez, J.P., Nassar, J.M., Stoner, K.E., Castillo, A., Garvin, T., Zent, E.L., Calvo–Alvarado, J.C., Kalacska, M.E.R., Fajardo, L., Gamon, J.A., Cuevas–Reyes P. 2005. Research priorities for neotropical dry forests. *Biotropica* 37: 477-485.
- 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 (Jena)* 208: 445-452.

- Santos, P.S., Souza, J.T., Santos, J. M.F.F., Santos, D.M., Araújo, E. L. 2011. Diferenças Sazonais no Aporte de Serrapilheira em uma área de Caatinga em Pernambuco. *Revista Caatinga* 24: 94-101.
- Shepherd, G.J. 1995. FITOPAC 1. Manual do usuario. Editora UNICAMP, Campinas.
- Silva, K.A, Santos, D.M., Santos, J.M.F.F., Ferraz, E.M.N., Albuquerque, U.P., Araújo, E.L. 2013. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecologica* (Montrouge) 46:25-32
- Souza, J.T., Ferraz, E.M.N., Albuquerque, U.P., Araújo, E.L. 2014. Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate? *Plant Biology* 16: 748-756.
- Trejo, I., Dirzo, R. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation* 11: 2063-2084.
- Valdez-Hernández, M., Andrade, J.L., Jackson, P.C., Rebolledo-Vieyra, M. 2010. Phenology of five trees species of a tropical dry forest in Yucatan, México: effects of environmental and physiological factors. *Plant Soil* 339: 155-171.
- Van Bloem, S.J., S. Molina Colón, M. Canals Mora, A.E. Lugo, P.G. Murphy, R. Ostertag, M. Rivera Costa and I. Ruiz Bernard. 2005. The influence of hurricane winds on Caribbean dry forest structure and nutrient pools. *Biotropica* 37: 571–583.
- Vieira, D.L.M., Scariot, A. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Restoration Ecology* 14: 11-20.
- Villalobos, S.M., Balvanera, P., Martínez-Ramos, M. 2011. Early Regeneration of Tropical Dry Forest from Abandoned Pastures: Contrasting Chronosequence and Dynamic Approaches. *Biotropica* 43: 666-675.
- Villalobos, S.M., Poorter, L., Martínez-Ramos, M. 2013. Effects of ENSO and Temporal Rainfall Variation on the Dynamics of Successional Communities in Old-Field Succession of a Tropical Dry Forest. *Plos One* 8: (12).
- Wesselsa K.J., Mathieub R., Erasmusc B.F.N., Asnerd G.P., Smite I.P.J., J.A.N. van Aardtf, Mainb R., Fisherb J., Maraisa W., Kennedy-Bowdoind T., Knappd D.E., Emersond R., Jacobsond J. 2011. Impact of communal land use and conservation on woody vegetation structure in the Lowveld savannas of South Africa. *Forest Ecology and Management* 261: 19–29.
- Wijdeven, S.M.J., Kuzee, M.E. 2000. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. *Restoration Ecology* 8: 414-424.



Zanella L., Borém, R.A.T., Souza, C.G., Alves H.M.R., Borém, F.M. 2012. Atlantic Forest Fragmentation Analysis and Landscape Restoration Management Scenarios. *Natureza & Conservação* 10: 56-63.

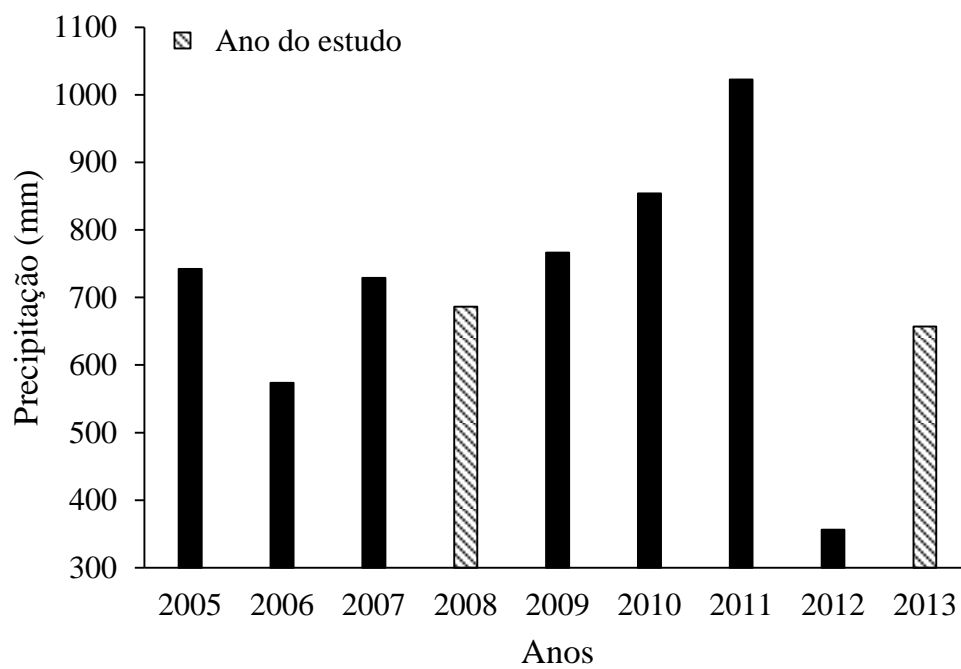


Fig. 1. Variação inter-anual dos totais de precipitação na área do estudo, Cararu, PE, Brasil.

Tabela 1. Parâmetros estruturais de famílias e espécies inventariadas em uma área de floresta tropical sazonal seca em 2008 e 2013, Brasil. (DA = densidade absoluta (ind.ha<sup>-1</sup>); AB = área basal (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>); VI = Índice de Valor de Importância (%).

Família/Espécie	2008			2013		
	DA	AB	VI	DA	AB	VI
Anacardiaceae	142	0,29	5,75	140	1,46	29,03
<i>Anacardium occidentale</i> L.	1	0,03	0,22	1	0,01	0,29
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	44	0,26	5,53	42	0,36	8,59
Allemao						
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	97	0,40	10,22	97	1,09	20,49
Bombacaceae	1	<0,01	0,16	1	<0,01	0,20
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A. St.-Hil., Juss. & Cambess.) A. Robyns	1	<0,01	0,16	1	<0,01	0,20
Boraginaceae	331	0,42	16,14	298	0,60	21,19
<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. & Schult.	1	<0,01	0,15	-	-	-
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. Ex Steud.	330	0,42	15,99	298	0,60	21,19
Burseraceae	11	0,09	1,75	10	0,36	4,82
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	11	0,09	1,75	10	0,36	4,82
Cactaceae	14	0,20	1,68	14	0,11	2,49
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	8	0,15	1,04	8	0,06	1,40
<i>Pilosocereus gounellei</i> F. Ritter	6	0,05	0,64	6	0,05	1,09
Capparaceae	45	0,09	5,2	38	0,09	5,86
<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.	37	0,06	4,28	31	0,06	4,67

Continuação da tabela 1

Família/Espécie	2008			2013		
	DA	AB	VI	DA	AB	VI
<i>Capparis jacobinae</i> Moric. ex Eichler	8	0,03	0,92	7	0,03	1,19
Euphorbiaceae	1419	3,65	70,54	1215	2,98	86,54
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	1349	3,52	62,56	1185	2,87	82,01
<i>Croton rhamnifolius</i> Willd.	57	0,08	6,14	21	0,05	3,35
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	8	0,03	1,03	6	0,02	0,99
<i>Sapium lanceolatum</i> (Mull. Arg.) Huber	2	0,01	0,33	1	<0,01	0,2
<i>Sebastiania jacobinensis</i> (Mull. Arg.) Mull. Arg.	3	0,01	0,48	2	0,04	0,72
Fabaceae	1151	41,05	160,74	1046	4,99	129,86
<i>Acacia paniculata</i> Willd.	204	0,53	15,94	124	0,8	18,89
<i>Piptadenia colubrina</i> (Vell.) Brenan	75	37,61	87,57	72	1,51	21,14
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	10	0,02	1,07	9	0,04	1,29
Fabaceae 1	20	0,3	1,27	23	0,04	1,97
Fabaceae 2	1	0,01	0,16	-	-	-
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth	255	0,47	10,30	232	0,52	14,27
<i>Mimosa arenosa</i> (Willd.) Poir.	132	0,60	14,75	122	0,47	18,36
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	247	0,99	22,21	272	0,86	30,82
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P.Queiroz	178	0,39	14,59	167	0,37	18,2
<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S.	29	0,13	1,88	25	0,38	5,1

Continuação da tabela 1

Família/Espécie	2008			2013		
	DA	AB	VI	DA	AB	VI
Malpighiaceae	13	0,03	1,66	12	0,03	2,01
<i>Ptilochaeta bahiensis</i> Turcz.	13	0,03	1,66	12	0,03	2,01
Malvaceae						
Malvaceae 1	-	-	-	1	<0,01	0,20
Meliaceae	1	0,01	0,16	1	0,01	0,21
Meliaceae 1	1	0,01	0,16	1	0,01	0,21
Myrtaceae	15	0,02	1,10	16	0,03	1,43
<i>Eugenia uvalha</i> Cambess.	15	0,02	1,10	16	0,03	1,43
Nyctaginaceae	74	0,16	6,10	62	0,18	7,1
<i>Guapira laxa</i> (Netto) Furlan	74	0,16	6,10	62	0,18	7,1
Rhamnaceae	4	0,03	0,43	2	0,03	0,44
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	4	0,03	0,43	2	0,03	0,44
Rubiaceae	2	0,02	0,21	3	0,01	0,31
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K. Schum.	2	0,02	0,21	3	0,01	0,31
Sapindaceae	1	<0,01	0,16	1	<0,01	0,2
<i>Allophylus quercifolius</i> Radlk.	1	<0,01	0,16	1	<0,01	0,2
Verbenaceae	82	0,37	8,96	30	0,13	5,14
<i>Lantana camara</i> L.	27	0,23	3,12	9	0,04	1,55
<i>Lippia americana</i> L.	55	0,14	5,84	21	0,09	3,59

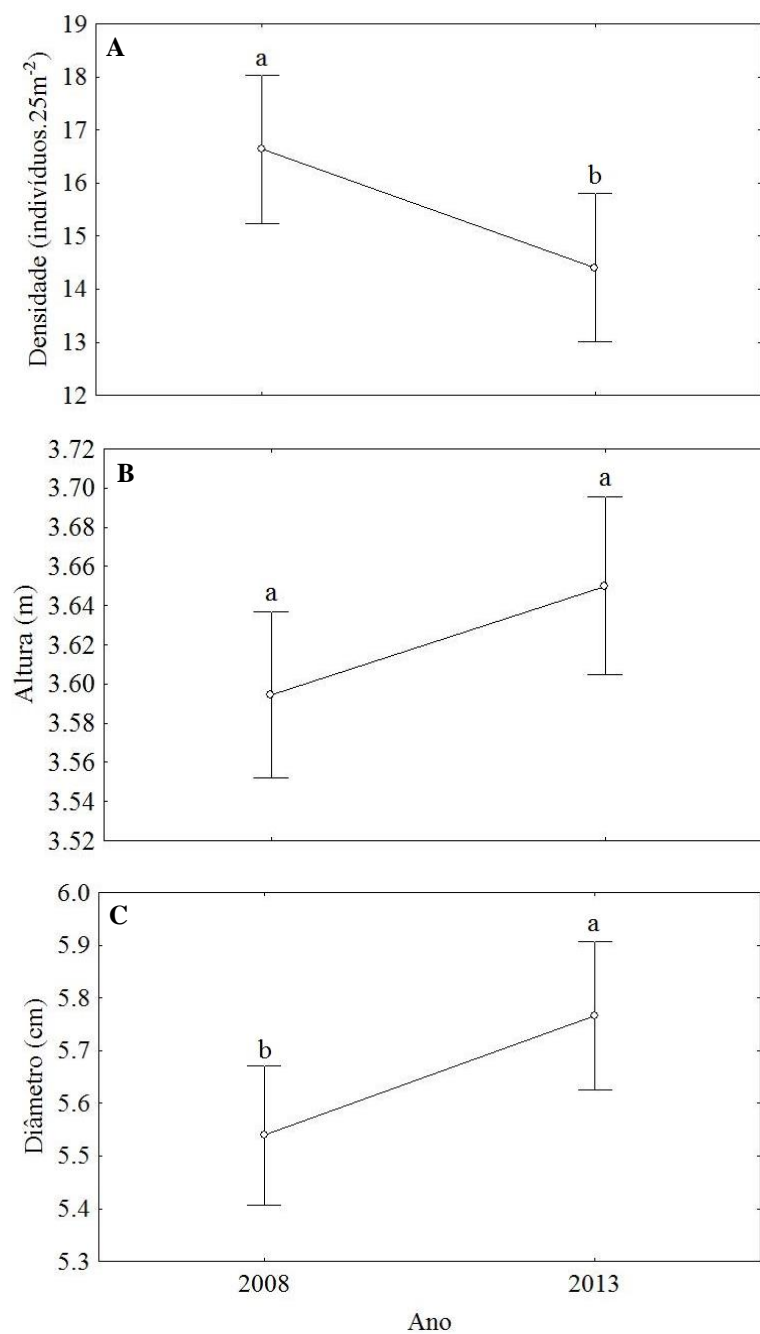


Fig. 2. Diferenças na densidade (A), altura (B) e diâmetro (C) médios das plantas por parcela em 2008 e 2013 (Letras diferentes entre anos na densidade, altura e diâmetro indicam diferença significativa pelo teste de Tukey HSD a 5%).

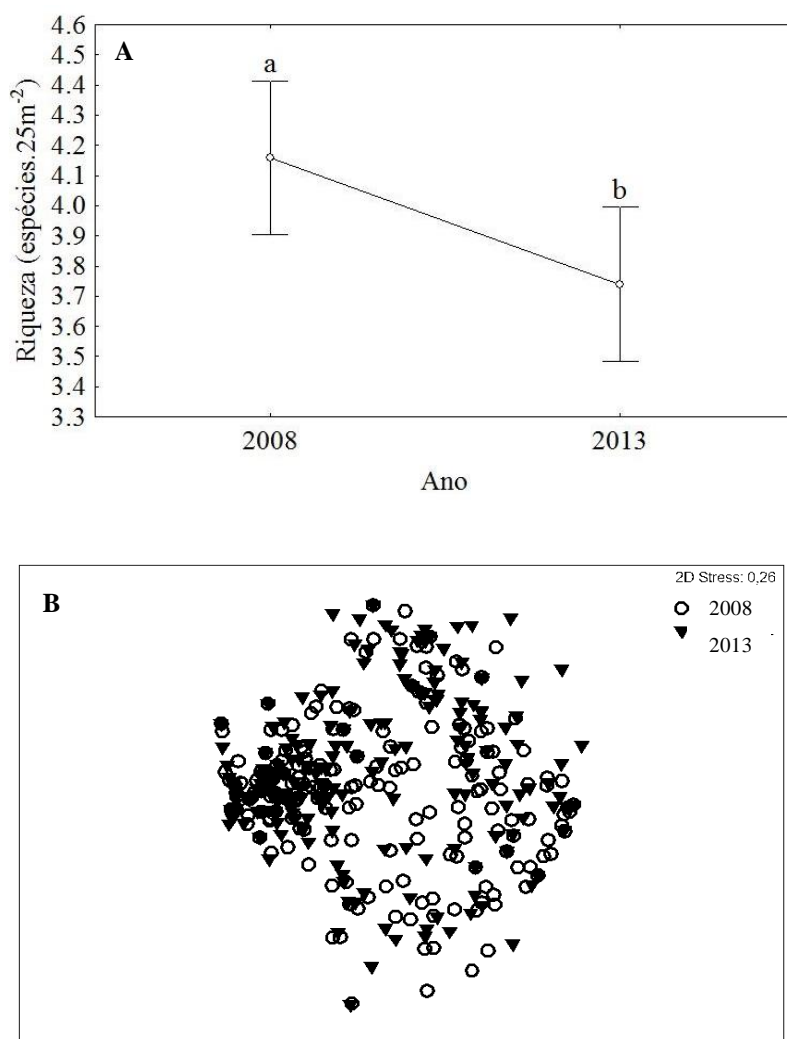


Fig. 3. Diferenças na riqueza média por parcela em um intervalo de 5 anos (A) e ordenação da diversidade florística (B) através da análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) em uma floresta tropical seca, Brasil (Letras diferentes entres anos indicam diferença significativa na riqueza média, pelo teste de Tukey HSD a 5%).

Tabela 2. Variação temporal na densidade média (indivíduos.25m<sup>-2</sup>) altura média (m) e diâmetro médio (cm) das populações em 2008 e em 2013 em uma área de floresta tropical sazonal seca, Brasil. Valores em negrito denotam diferença significativa (p<0,05) pela análise GLM (modelo linear generalizado – ANOVA).

Espécie	Densidade			Altura			Diâmetro		
	2008	2013	ANOVA	2008	2013	ANOVA	2008	2013	ANOVA
<i>Acacia paniculata</i> Willd.	2,8	2,2	F <sub>(1, 126)</sub> =1,98	3,3	2,5	<b>F<sub>(1, 326)</sub>=40,38</b>	5,4	7	F <sub>(1, 326)</sub> =12,98
<i>Allophylus quercifolius</i> Radlk.	1	1	-	2,9	3	-	7,8	5,8	-
<i>Anacardium occidentale</i> L.	1	1	-	3,7	3	-	20,7	13	-
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	1,6	1,8	F <sub>(1,9)</sub> =0,04	4,9	4,6	F <sub>(1,17)</sub> =0,26	5	6	F <sub>(1,17)</sub> =0,76
<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.	1,8	1,3	F <sub>(1,47)</sub> =1,23	2,9	3,2	F <sub>(1,66)</sub> =1,11	4,3	4,5	F <sub>(1,66)</sub> =0,41
<i>Capparis jacobinae</i> Moric. ex Eichler	1,5	1,4	F <sub>(1,9)</sub> =0,09	2,8	2,5	F <sub>(1,13)</sub> =0,75	6,9	6,9	F <sub>(1,13)</sub> =0,001
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	2	2	-	2,6	3,4	F <sub>(1,14)</sub> =2,99	12,4	10,4	F <sub>(1,14)</sub> =0,26
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	1,1	1,1	F <sub>(1,17)</sub> =0,001	3,8	4,4	F <sub>(1,19)</sub> =2,00	9,8	15,6	F <sub>(1,19)</sub> =1,48
<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. & Schult.	1	-	-	3	-	-	4,5	-	-
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.)	7,8	7,2	F <sub>(1,82)</sub> =0,05	2,9	3,4	<b>F<sub>(1,625)</sub>=18,67</b>	3,8	4,3	<b>F<sub>(1,625)</sub>=4,10</b>
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K. Schum.	2	3	-	4,5	4,3	-	9,2	5,1	-
<i>Croton rhamnifolius</i> Willd.	1,6	1,3	F <sub>(1,50)</sub> =0,77	2,7	2,6	F <sub>(1,75)</sub> =0,15	4,1	4,6	F <sub>(1,75)</sub> =1,70



Continuação da tabela 2

Espécie	Densidade			Altura			Diâmetro		
	2008	2013	ANOVA	2008	2013	ANOVA	2008	2013	ANOVA
<i>Eugenia uvalha</i> Cambess.	3	3	-	2,7	3,6	<b>F<sub>(1, 29)</sub>=11,29</b>	3,9	4,1	F <sub>(1, 29)</sub> =0,11
Fabaceae 1	4	3,8	F <sub>(1, 9)</sub> =0,004	2,2	3,1	<b>F<sub>(1, 41)</sub>=28,59</b>	3,9	4,8	<b>F<sub>(1, 41)</sub>=4,45</b>
Fabaceae 2	1	-	-	1,8	-	-	8,2	-	-
<i>Guapira laxa</i> (Netto) Furlan	2,6	2,3	F <sub>(1, 53)</sub> =0,18	3,2	3,8	<b>F<sub>(1, 133)</sub>=11,02</b>	4,8	5,8	<b>F<sub>(1, 133)</sub>=6,91</b>
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	1,2	1,2	-	4,1	4,6	F <sub>(1, 12)</sub> =0,87	6,1	4,8	F <sub>(1, 12)</sub> =1,25
<i>Lantana camara</i> L.	1,8	1,25	F <sub>(1, 21)</sub> =1,19	3,2	3	F <sub>(1, 35)</sub> =0,25	9	7	F <sub>(1, 35)</sub> =1,28
<i>Lippia americana</i> L.	1,87	1,37	F <sub>(1, 46)</sub> =1,77	2,2	1,4	<b>F<sub>(1, 74)</sub>=17,12</b>	5,4	6,1	F <sub>(1, 74)</sub> =1,14
<i>Lonchocarpus sericeus</i> M.J. Silva & A. M. G. Azevedo	19,6	19,4	F <sub>(1, 23)</sub> =0,002	3,8	4,3	<b>F<sub>(1, 486)</sub>=20,72</b>	4,5	5,1	<b>F<sub>(1, 486)</sub>=11,15</b>
Malvaceae 1	-	1	-	-	2,5	-	-	6,3	-
Meliaceae 1	1	1	-	4,3	7	-	8,1	8	-
<i>Mimosa arenosa</i> (Willd.) Poir.	1,65	1,61	F <sub>(1, 150)</sub> =0,04	4,2	3,5	<b>F<sub>(1, 249)</sub>=22,58</b>	6,5	6,1	F <sub>(1, 249)</sub> =0,93
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	1,48	1,43	F <sub>(1, 59)</sub> =0,06	4,2	5,1	<b>F<sub>(1, 85)</sub>=9,11</b>	7,6	8,3	F <sub>(1, 85)</sub> =0,65
<i>Pilosocereus gounellei</i> F. Ritter	2	2	-	3,6	3,5	F <sub>(1, 10)</sub> =0,02	9,5	9,8	F <sub>(1, 10)</sub> =0,05
<i>Piptadenia colubrina</i> (Vell.) Brenan	2,02	1,94	F <sub>(1, 72)</sub> =0,08	5,7	6,4	F <sub>(1, 145)</sub> =3,15	14,8	13,3	F <sub>(1, 145)</sub> =0,89
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	2,37	2,48	F <sub>(1, 208)</sub> =0,10	4,6	4	<b>F<sub>(1, 516)</sub>=34,23</b>	6,4	5,7	<b>F<sub>(1, 516)</sub>=6,43</b>

Continuação da tabela 2

Espécie	Densidade			Altura			Diâmetro		
	2008	2013	ANOVA	2008	2013	ANOVA	2008	2013	ANOVA
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P. Queiroz	2,55	2,4	$F_{(1, 137)}=0,11$	3,7	4,2	$F_{(1, 343)}=11,77$	4,9	5,1	$F_{(1, 343)}=0,56$
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A. St.-Hil., Juss. & Cambess.) A. Robyns	1	1	-	2,9	4,3	-	5,4	7,1	-
<i>Ptilochaeta bahiensis</i> Turcz.	1,3	1,3	-	3,6	3,8	$F_{(1, 24)}=0,66$	4,9	5,4	$F_{(1, 24)}=0,71$
<i>Sapium lanceolatum</i> (Mull. Arg.) Huber	1	1	-	2,3	3,5	-	7,2	4,9	-
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	1,81	1,81	$F_{(1, 105)}=0,001$	4,1	5,3	<b><math>F_{(1, 191)}=36,38</math></b>	6,8	9,9	<b><math>F_{(1, 191)}=17,80</math></b>
<i>Sebastiania jacobinensis</i> (Mull. Arg.) Mull. Arg.	1	1	-	3,5	5,5	-	6	15	-
<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby	4,83	4,16	$F_{(1, 10)}=0,08$	3,1	3,3	$F_{(1, 52)}=2,06$	6,8	11,6	$F_{(1, 52)}=10,13$
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	2	2	-	5	4,1	$F_{(1, 4)}=2,49$	8,3	12,4	$F_{(1, 4)}=0,70$

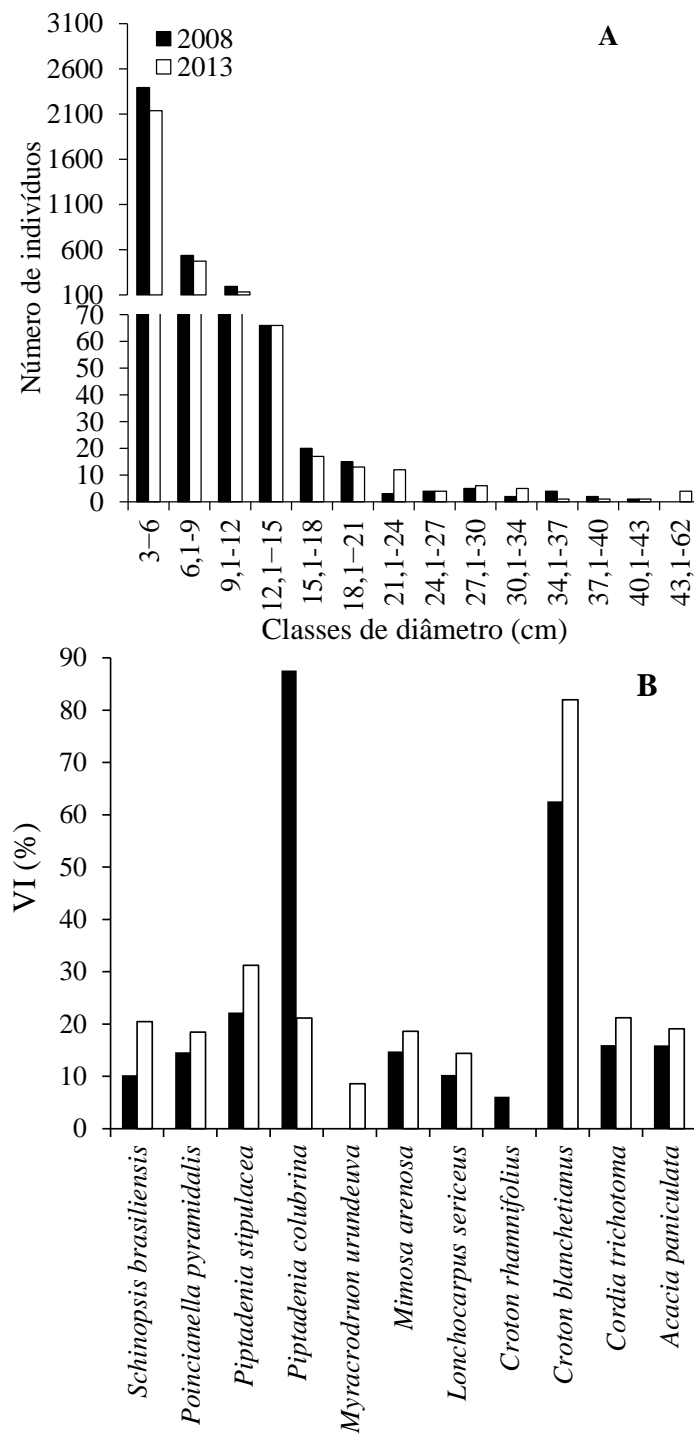


Fig. 4. Distribuição de indivíduos por classes de diâmetros (A) e espécies de maior valor de importância (B) nos anos de 2008 e 2013, em uma floresta tropical seca, Brasil.

---

## CAPÍTULO 2

---

Artigo a ser enviado a Plant Ecology

Qualis A2

**Respostas demográficas de populações lenhosas a variações microclimáticas entre florestas secas de diferentes idades**

Juliana Ramos de Andrade<sup>1\*</sup>; Kleber Andrade da Silva<sup>2</sup>; Clarissa Gomes Reis Lopes<sup>3</sup>;

Elcida de Lima Araújo<sup>1</sup>

1. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos CEP: 52171-900 – Recife – PE, Brasil.

\*Autor para correspondência: Tel.: +558133206308; fax: +558133206360/ Endereço de email: julirandrade@yahoo.com.br

2. Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua do Alto do Reservatório s/n, Bela Vista CEP: 55608-680, Vitória de Santo Antão-PE, Brasil.

3. Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella, Av. Universitária s/n, Bairro Ininga, CEP: 64049-550, Teresina – PI, Brasil.

## Resumo

Alterações antrópicas provocam modificações microclimáticas nas florestas que afetam a dinâmica das populações. Em ambientes semiáridos, as respostas das plantas às variações microclimáticas ainda são pouco compreendidas e este estudo objetivou avaliar influência das variações de luz, temperatura, umidade relativa, vento e precipitação na emergência e morte de plântulas e na densidade de populações lenhosas estabelecidas em florestas de caatinga madura (>60 anos) e jovem (19 anos). Em cada floresta foi contabilizado mensalmente os números de indivíduos (densidade), nascimentos e mortes das populações de *Poincianella pyramidalis*, *Schinopsis brasiliensis* e *Myracrodruon urundeuva* em 100 parcelas de 25 m<sup>2</sup>. Os totais anuais e semestrais de precipitação foram contabilizados. As condições microclimáticas (luz, temperatura, umidade relativa e vento) foram mensuradas nas florestas madura (FM) e jovem (FJ). A dinâmica das populações variou entre as florestas, estações climáticas e anos (variação interanual de precipitação). Apesar da idade da floresta ter baixo poder de explicação sobre os nascimentos e mortes de *P. pyramidalis* em curta escala temporal, 30% da densidade foi explicada pela idade da floresta, sugerindo que o recrutamento para estádios ontogenéticos avançados seja influenciado pelas variações interanuais ocorrentes nas condições microclimáticas de cada floresta, sendo negativamente correlacionada com luz na FJ. A mortalidade foi correlacionada a luz, temperatura e umidade na FM e, a luz e umidade na FJ. Em *S. brasiliensis* houve correlação entre luz e densidade, bem como entre vento e umidade no número de mortes apenas na FJ. O poder de influência da idade da floresta e das variações interanual e sazonal de precipitação sobre os nascimentos foi baixo e nenhuma variável microclimática teve correlação com os nascimentos. Em *M. urundeuva*, temperatura e umidade foram correlacionadas aos nascimentos na FM, mas na FJ apenas luz se correlacionou aos nascimentos. No geral, a idade da floresta influenciou a densidade e os totais sazonais e anuais de precipitação influenciaram a mortalidade e os nascimentos, respectivamente, mas de maneira geral, o poder de explicação foi também baixo. O estudo evidenciou que as respostas demográficas das plantas lenhosas às variações microclimáticas podem ser complexas nas florestas secas. As diferenças nas condições microclimáticas entre florestas sugerem lentidão no retorno de tais condições. Tal retorno é de extrema importância para projeção futura do tempo necessário para a formação de novas florestas pós-uso da terra para atividades agrícolas em ambientes semiáridos.

**Palavras-chave:** caatinga, regeneração, demografia, fatores abióticos, floresta

secundária

## **Introdução**

As florestas tropicais sofrem constantes alterações antrópicas que induzem variações no microclima. Algumas alterações são drásticas, como a prática de corte raso para o estabelecimento de atividades, geralmente agropastoris (Albuquerque et al. 2012; Brunet et al. 2012; Chazdon 2003; Jong et al. 2001). Muitas das áreas são abandonadas pós-uso e se regeneram naturalmente (Andrade et al. 2015; Santos et al. 2013). O tipo de ação antrópica (corte raso, queima, uso de agrotóxicos), o histórico de uso da terra (Dupuy et al. 2012; Quesada et al. 2009), sua proximidade de florestas maduras (Lopes et al. 2012; Souza et al. 2014) e as condições microclimáticas (Falcão et al. 2015; Stephens et al. 2014) são de extrema importância para se compreender o processo de renovação das populações e de formação das novas florestas.

Contudo, independente da ação antrópica, ocorrem variações interanuais estocásticas nos totais de precipitação e na sua distribuição que também influenciam as condições microclimáticas das florestas tropicais e a renovação das populações, sobretudo as de ambientes semiáridos, como por exemplo, as florestas de caatinga do Brasil (Reis et al. 2006), sendo conhecido que anos muitos chuvosos podem induzir aumento da área foliar na copa de algumas espécies em cerca de 3 vezes (Araújo et al. 2005, Scalon et al. 2011). Em resposta, ocorrem alterações nas condições microclimáticas das florestas maduras, como aumento do sombreamento (redução de incidência da luz direta sobre o solo), redução da temperatura e redução do impacto direto das chuvas sobre plântulas recém-germinadas, o que pode favorecer a sobrevivência das mesmas.

O contrário geralmente é esperado ocorrer nas florestas que voltam a se estabelecer em áreas que sofreram perturbação antrópica, onde ocorre aumento da incidência solar

sobre o solo e aumento da temperatura (Feeley et al. 2011; Ghulam 2014; Villalobos et al. 2011). As plantas que voltam a se estabelecer nos espaços abertos precisam ter características ou atributos funcionais que lhes confirmam chances de sobrevivência nas novas condições microclimáticas (Falcão et al. 2015). O impacto direto das chuvas sobre plântulas recém germinadas, a rápida dessecação do solo e o aumento da temperatura nas florestas antropogênicas são fatores indutores de mortalidade, impedindo ou limitando o estabelecimento de algumas populações (Araújo et al. 2008; Jacquemyn et al. 2010; Sletvold et al. 2013), o que influencia o tempo necessário para completa recuperação da floresta (Crone et al. 2011; Martinez et al. 2010; Stephens et al. 2014). Já o avanço do processo de sucessão das áreas modificadas leva ao retorno das condições microclimáticas, o que, conseqüentemente, mantém relação positiva com a ocorrência de algumas espécies e com o tamanho de algumas populações (Martinez et al. 2010; Stephens et al. 2014).

Apesar das evidências descritas acima, o efeito das variações interanuais dos totais de precipitação e das variações microclimáticas sobre as respostas demográficas das populações entre florestas de diferentes idades ainda é pouco compreendido. Considerando que populações lenhosas apresentam alterações em sua dinâmica, devido as alterações microclimáticas (temperatura, luz, umidade relativa e vento) decorrentes de ações antropogênicas (Benton et al. 2006; Stephens et al. 2014), este estudo tem as seguintes hipóteses: 1. As espécies formam maiores populações nas florestas maduras porque as condições microclimáticas são mais favoráveis quando comparadas as florestas jovens; 2. Estação chuvosa e anos mais chuvosos favorecem o recrutamento de novos indivíduos na floresta madura.



## Material e Métodos

### *Descrição da área*

O estudo foi realizado em duas florestas secas, do tipo caatinga, sendo uma madura (mais de 60 anos) e uma jovem (19 anos), ambas localizadas na Estação Experimental José Nilson de Melo do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA (8°14'18"S, e 35°55'20"W, 537m de altitude), no município de Caruaru-PE, Brasil. O clima local é semiárido do tipo BSh de Köppen (Köppen 1948), com precipitação média anual de 710 mm, concentradas entre março e agosto e temperatura média de 22,7 °C. Apesar da sazonalidade climática ser bem definida pode ocorrer eventuais chuvas na estação seca, bem como veranicos na estação chuvosa, ou até mesmo antecipações e/ou retardo no início de cada estação (Andrade et al. 2015; Araújo et al. 2005). O total pluviométrico e a distribuição de chuvas durante o período (2013 a 2015) deste estudo foi de 728,8 e 458,9mm nos anos I e II respectivamente (Fig. 1). O ano I correspondeu ao período de março de 2013 a fevereiro de 2014, com 525,7mm na estação chuvosa e 202,9mm na estação seca e o ano II correspondeu ao período de março de 2014 a fevereiro de 2015, com 351mm na estação chuvosa e 107,9mm na estação seca.

O solo de ambas as florestas é classificado como Podzólico Amarelo tb eutrófico, abrupto, a moderado, textura franco-arenosa (Alcoforado-Filho et al. 2003). Em 2015, uma amostra composta do solo de cada floresta (20 amostras coletadas na profundidade de 0-10cm) foi analisada para determinação das características físico-químicas. Na floresta madura o pH foi de 5,9 e os valores médios de areia grossa, areia fina, silte e argila foram de: 44, 25, 19 e 22%, respectivamente. A umidade a 0,3 e 15 atm foram de 15,55 e 7,01%, respectivamente. Os nutrientes P, Na e K foram de 13,65, 22,8 e 70 ppm e o Ca, Mg, H e Al foram de 2,55, 0,56, 2,00, 0,22  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , respectivamente. Na

floresta jovem o pH foi de 5,2 e os valores médios de areia grossa, areia fina, silte e argila foram de: 41, 26, 22 e 11%, respectivamente. A umidade a 0,3 e 15 atm foram de 22,37 e 13,29%, respectivamente. Os nutrientes P, Na e K foram de 6,78, 23,6, 104, ppm e o Ca, Mg, H e Al foram de 1,02, 0,37, 3,17, 0,34  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , respectivamente.

A floresta madura atualmente tem 30 ha e já foi estudado quanto a: florística e fitossociologia (Alcoforado-Filho et al. 2003; Araújo et al. 2005a; Reis et al. 2006), dinâmica populacional (Andrade et al. 2007; Araújo et al. 2005b; Lima et al. 2007; Santos et al. 2007; Silva et al. 2013), ecofisiologia (Araújo 2005; Araújo et al. 2007) e etnobotânica (Lucena et al. 2008; Monteiro et al. 2006; Oliveira et al. 2007). Estes estudos evidenciaram que a floresta madura tem cerca de 96 espécies lenhosas e 71 herbáceas, sendo as famílias Fabaceae e Euphorbiaceae predominantes no componente lenhoso e Asteraceae, Fabaceae e Malvaceae no herbáceo.

A floresta jovem corresponde a um trecho de 3 ha da floresta madura que em 1994 sofreu um corte raso para o cultivo de palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill.). Não foi utilizado fogo nem pesticidas para o preparo da terra. Entre a floresta madura e o trecho cortado foi deixada uma distância de 3m. Seis meses após o plantio o trecho foi abandonado e a área vem se regenerando desde então. Em 2008 foi realizado um levantamento fitossociológico das espécies que regeneraram na floresta jovem, sendo identificadas 35 espécies pertencentes a 17 famílias (Lopes et al. 2012). A composição florística herbácea (Santos et al. 2013), o efeito da distância entre as áreas na composição florística lenhosa (Lopes et al. 2012), a interação das espécies herbáceas e lenhosas (Lima 2011), a chuva e o banco de sementes (Mendes et al. 2015; Souza et al. 2014) e a influência das condições microclimáticas abaixo da copa e entre copa das árvores da floresta jovem também foram estudadas (Andrade et al. 2015).

*Espécies selecionadas, amostragem e coleta dos dados*

As espécies selecionadas para o estudo foram *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae), *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Anacardiaceae) e *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (Fabaceae). São árvores frequentes e abundantes na caatinga, tem usos diversificados e sofrem alta taxa de extrativismo (Lucena et al. 2008; Monteiro et al. 2006; Santos et al. 2013). *M. urundeuva* e *S. brasiliensis* são consideradas como vulneráveis na lista oficial de espécies ameaçadas do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (Ibama 1992).

*P. pyramidalis* é hermafrodita, tem dispersão barocórica que ocorre na transição chuva-seca e sementes quiescentes que germinam rapidamente pós embebição do tegumento. *M. urundeuva* e *S. brasiliensis* são dióicas, anemocóricas e dispersam sementes na transição seca-chuva, mas a primeira tem sementes recalcitrantes que perdem a viabilidade em cerca de três meses pós dispersão, enquanto que a segunda apresenta dormência tegumentar (Araújo et al. 2006, Leite 2002). Nas florestas madura e jovem estas três espécies formam populações abundantes e servirão de modelos para avaliarmos a influência das variações sazonais e estacionais de precipitação e a correlação das condições microclimáticas sobre a dinâmica das populações lenhosas.

Foram estabelecidas 100 parcelas de 5 x 5 m em cada floresta (madura e jovem), as quais foram distribuídas em sete transectos equidistantes de 3 m, tendo como ponto inicial 1 m da borda de cada floresta. No interior das parcelas, mensalmente todos os indivíduos das populações selecionadas foram contados e marcados com numeração sequencial para monitoramento do registro do número de nascimentos e de mortes. Os nascimentos foram computados quando a emergência da plântula era observada sobre o

solo. Já os indivíduos que desapareciam da parcela entre intervalos de amostragem ou que tombavam sobre o solo, foram considerados como mortos.

As variáveis microclimáticas: luz (lux), temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s) de cada floresta foram mensuradas mensalmente, com auxílio de dois termo-higro-anemômetros luxímetro digital (modelo Thal 300), acoplados a um sensor de temperatura, no centro de 30 parcelas sorteadas ao acaso, dentre as 100 estabelecidas. Nas duas florestas, as medições foram feitas no segundo ano, durante o horário de sol a pino (12:00 as 13:00 horas), a um metro do chão, sendo esperado um minuto antes do início da medição para estabilização do equipamento.

#### *Análise dos dados*

Uma ANOVA para medidas repetidas, com teste posthoc de Tukey HSD (Zar 1999) foi utilizada para avaliar a influência das variáveis idade da floresta (madura e jovem), precipitação anual, estações climáticas na densidade, número de nascimentos e mortes das populações. A normalidade dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk e transformados para a base  $\log_{10}$ , tornando-se normalizados. Diferenças entre as florestas nas condições microclimáticas (luz, temperatura, vento e umidade) foram avaliadas pelo teste de Kruskal-Wallis. A correlação entre as condições microclimáticas mensais das 30 parcelas selecionadas e a densidade, número de morte e nascimento mensal das populações de cada floresta foi verificada pelo teste de correlação de Spearman. As análises foram realizadas através do programa Statistica 7.0.

## Resultados

Durante o estudo a densidade média da população de *P. pyramidalis*, *S. brasiliensis* e *M. urundeuva* foi 111 ind.2500m<sup>-2</sup>, 46 ind.2500m<sup>-2</sup>, 89 ind.2500m<sup>-2</sup>, na floresta madura e 1883 ind.2500m<sup>-2</sup>, 54 ind.2500m<sup>-2</sup> e 120 ind.2500m<sup>-2</sup> na floresta jovem, respectivamente.

A idade da floresta explicou 30% da variação na densidade da população de *P. pyramidalis*, apenas 1% da variação na densidade da população de *M. urundeuva* e não explicou a de *S. brasiliensis* (Tabela 1). Em *P. pyramidalis* a densidade média foi significativamente maior na floresta jovem nos dois anos, mas sem diferenças significativas entre anos e estações climáticas dentro de uma mesma floresta (Fig. 2). Não houve diferença significativa na densidade de *S. brasiliensis* entre ou dentro florestas (Fig. 3). Dentro de uma mesma floresta não ocorreram diferenças significativas de densidade entre anos e entre estações na população de *M. urundeuva* e em duas estações (seca do ano I e chuva do ano II), a densidade desta população foi significativamente maior na floresta jovem (Fig. 4). Apesar de ocorrerem variações sazonais e interanuais de precipitação, estas não explicaram as variações de densidade média de nenhuma das populações (Tabela 1).

Os totais de indivíduos nascidos foram de 141 e 107 em *P. pyramidalis*, de 53 e quatro em *S. brasiliensis* e de 202 e 123 em *M. urundeuva*, nas florestas madura e jovem, respectivamente, na soma dos dois anos, com variações entre os meses.

As variações nos nascimentos dos indivíduos de *P. pyramidalis* foram explicadas pela idade da floresta, ano e a interação entre idade da floresta e ano (Tabela 1). Todas as variáveis preditoras e suas interações explicaram as variações nos

nascimentos dos indivíduos de *S. brasiliensis*, mas com baixo percentual de explicação (Tabela 1). Em *M. urundeuva*, apenas a variação interanual de precipitação e sua interação com idade ou com estação explicaram as variações nos nascimentos (Tabela 1). O número de nascimentos foi significativamente maior na estação chuvosa do ano I, na floresta madura para as três populações (Fig.s 2, 3 e 4). No ano I, houve variação sazonal significativa no número de nascimentos da floresta madura apenas nas populações de *S. brasiliensis* e *M. urundeuva*, sendo maior na estação chuvosa (Fig.s 3 e 4).

Durante os dois anos, os quantitativos de indivíduos mortos nas florestas maduras e jovem foram de 21 e 1855 em *P. pyramidalis*, de 18 e 15 em *S. brasiliensis* e de 157, 121 em *M. urundeuva*, respectivamente (Tabela 1).

Todas as variáveis preditoras e suas interações explicaram as variações no número de indivíduos mortos de *P. pyramidalis*, com percentual de explicação variando de 1 % a 9% (Tabela 1). O número de indivíduos mortos foi significativamente maior na estação seca do ano II na floresta jovem (Fig. 2), com variação sazonal significativa neste ano. As variações no número de indivíduos mortos de *S. brasiliensis* foram explicadas (cerca de 1%) pelo ano, estação e pela interação entre ano e estação (Tabela 1). Na floresta jovem, houve variação sazonal significativa no número de indivíduos mortos, sendo maior na estação seca do segundo ano (Fig. 3). Em *M. urundeuva*, apenas a estação e sua interação com a idade da floresta e com o ano explicaram de 0,5% a 2% das variações no número de indivíduos mortos (Tabela 1). No ano I, houve variação sazonal significativa no número de indivíduos mortos da floresta amadura, sendo maior na estação seca (Fig. 4).

Entre as variáveis microclimáticas, os valores de temperatura (°C), a velocidade do vento (m/s) e o percentual de umidade (%) foram significativamente diferentes entre as florestas (Tabela 3). Todavia, todas as variáveis microclimáticas apresentaram correlação significativa na dinâmica das três populações estudadas, sendo ora positiva ou negativa (Tabela 2). Considerando as interações significativas, houve uma tendência de quanto maior a disponibilidade de luz, maior a temperatura e menor a umidade, maior foi o número de mortes e menor a densidade de *P. pyramidalis*, nas duas florestas. Em *S. brasiliensis* só foi verificado efeito significativo das variáveis abióticas na floresta jovem. Nesta área, quanto maior a disponibilidade de luz, a velocidade do vento e menor a umidade, maior foi o número de mortes e menor a densidade. Em *M. urundeuva* houve uma tendência de maior nascimento em condições de maior temperatura e menor umidade na floresta madura. Na floresta jovem, como também registrado para as outras espécies, a maior disponibilidade de luz resulta em uma redução na densidade.

## **Discussão**

### *Influência da idade da floresta na dinâmica das populações*

Os resultados deste estudo apontam que a idade da floresta influenciou a dinâmica das populações lenhosas e que a intensidade dessa influência vai depender da espécie em questão. Apesar das condições microclimáticas serem menos favoráveis na floresta jovem, com exceção de *S. brasiliensis* as demais populações formaram populações maiores nesta floresta, o que foi mais visível em *P. pyramidalis*. Tal resultado vai de encontro a primeira hipótese de que as condições mais favoráveis da floresta madura favoreceriam ao aumento da densidade.

Possivelmente, a tendência de ocorrer maior densidade na floresta jovem pode simplesmente está refletindo o momento do processo sucessional. A literatura indica que as espécies que formam grandes populações mais no início do processo sucessional das áreas abertas podem ser classificadas com colonizadoras inicial (Pereira et al. 2001). Com o avanço sucessional o tamanho populacional das colonizadoras tende a diminuir (Villalobos et al. 2013). As diferenças na dinâmica das populações indicam que a jovem floresta apresenta característica de sucessão intermediária, conforme já sinalizado por Lopes et al. (2012). Possivelmente, com o avanço da sucessão o tamanho populacional de *P. pyramidalis* diminua, pois esta espécie vem sendo considerada como colonizadora (Figueiredo 2010), mas não é muito claro o que pode ocorrer com as demais populações, pois elas são consideradas de ocorrência mais tardia no processo sucessional (Melotto et al. 2009). De acordo com Lopes et al. (2012) e Souza et al. (2014) a chuva de sementes de *M. urundeuva* e de *S. brasiliensis* na floresta jovem é favorecida pela presença de uma floresta madura no seu entorno. Logo as densidades maiores destas duas populações na floresta jovem, talvez esteja sendo influenciada pela proximidade das florestas (3m) e pela maior velocidade do vento, que favorece a dispersão alóctone dos diásporos vindos da floresta madura.

As características intrínsecas de cada espécie (Scalon et al. 2011) também refletem na capacidade de domínio do local. Estudos registram que *P. pyramidalis* é uma espécie que germina, cresce rapidamente e se estabelece com sucesso em ambientes secos, além de sua alta capacidade de rebrota (Figueiredo 2010; Leal et al. 2003; Pereira et al. 2001; Silva 2012). Essa capacidade de rápido crescimento, possivelmente contribui para a elevada densidade de *P. pyramidalis* na floresta jovem. Já *M. urundeuva* e *S. brasiliensis* apresentam recalcitrância e dormência em suas sementes,



respectivamente e têm crescimento relativamente mais lento, fatos que possivelmente estejam influenciando o tamanho de suas populações.

Em adição, o estágio de plântula é uma fase crítica do ciclo de vida das espécies (Dupuy et al. 2012; Villalobos et al. 2013) e para espécies da caatinga é delimitado pela duração da estação chuvosa ou pela duração de chuvas eventuais que ocorram na estação seca (Araújo et al. 2008; Andrade et al. 2015). Logo, o tempo em que ocorre a germinação durante as estações climáticas pode influenciar suas chances de sobrevivência. *P. pyramidalis* dispersa as sementes na transição chuva seca e pode germinar na estação que foi dispersa. Em adição, as sementes que ficam no banco do solo germinam rapidamente com a chegada das chuvas da estação subsequente, e as plântulas passam a ter mais tempo para crescer. Já *M. urundeuva* e *S. brasiliensis* dispersam suas sementes na transição seca chuva, mas se ocorrem atrasos na chegada deste período de chuva, as sementes de *M. urundeuva* vão perdendo o vigor e as de *S. brasiliensis* parecem precisar de um certo tempo de chuva para embeber e quebrar a rigidez de seu tegumento.

A idade da floresta influenciou os nascimentos, uma vez que o quantitativo de nascimentos das três populações foi maior na floresta madura, possivelmente pelas diferenças nas condições microclimáticas, já que a floresta madura tem maior sombreamento e a copa das plantas adultas atenuam o impacto direto das chuvas sobre plântulas recém germinadas (Araújo et al. 2005, Araújo et al. 2008). Assim, este estudo reforça que para compreender as respostas demográficas das plantas, a idade da floresta é importante, mas não deve ser analisada isoladamente (Andrade et al. 2015; Dupuy et al. 2012; Villalobos et al. 2013).

*Idade da floresta x precipitação e variações microclimáticas: influência sobre a dinâmica das populações*

Além da idade da floresta, as variações interanuais e sazonais na precipitação juntamente com as variações microclimáticas (luz, temperatura, umidade e vento) se mostraram influentes e/ou correlacionados às variações na dinâmica das populações, e a segunda hipótese deste estudo foi aceita, uma vez os nascimentos de todas as populações foram significativamente maior no ano mais chuvoso, sendo os nascimentos sobretudo concentrados na estação chuvosa.

Na floresta jovem o comportamento foi mais complexo porque não ocorrem diferenças nos nascimentos entre estações e anos nas três populações, apesar do ano I ter tido 270mm de chuvas a mais que o ano II. Quando uma floresta é modificada por ações humanas, as plantas que voltam a se estabelecer no espaço aberto experimentam condições microclimáticas (disponibilidade de luz, disponibilidade de água, temperatura, etc) distintas das encontradas na floresta não perturbada (Andrade et al. 2015; Brooks 1999; Gómez-Aparicio et al. 2005; Titus e Tsuyuzaki 2003), o que acaba tornando complexo o entendimento do comportamento demográfico das plantas.

Apesar do quantitativo de luz incidente nas florestas não apresentar diferença, a temperatura e a umidade diferiram, com maior temperatura e menor percentual de umidade na floresta jovem. Esses resultados mostraram-se positivos para *M. urundeuva*, indicando que esta espécie se estabelece bem em áreas mais quentes e mais secas.

Dentre os fatores ambientais supracitados, os que apresentam maior correlação com os valores da dinâmica das populações é a precipitação (Garcia-Carreras e Parker 2011), a luminosidade (Andrade et al. 2015; Vieira e Scariot 2006) e a temperatura (Carvalho e Nakagawa 2000), mas este estudo mostrou que além destas variáveis a

velocidade de vento pode ser um fator correlacionado a mortalidade, como ocorreu com *S. brasiliensis*.

A variação dos valores interanuais e sazonais de precipitação tem um importante papel na dinâmica das populações, levando a variações estocásticas no número de nascimentos e mortes (Andrade et al. 2015; Santos et al. 2013; Silva et al. 2011; Silva et al. 2013). No geral, os nascimentos são influenciados pelo aumento da precipitação que ocorre durante a estação chuvosa vigente. Todavia, chuvas de ano passado também influenciam a emergência de plântulas por afetar no quantitativo de sementes que são produzidas e, posteriormente, armazenadas no banco do solo de cada floresta (Silva et al. 2013). As mortes ocorreram em sua maioria durante a estação seca, período de menor disponibilidade de água, quando também ocorreu aumento de temperatura e diminuição da umidade relativa do ar. *S. brasiliensis* não apresentou a mesma “facilidade” em se estabelecer na floresta jovem, como evidenciado para as demais espécies, indicando que a mesma é bem mais sensível ao efeito de ações antrópicas que ocorram nas florestas.

Logo, dependendo das alterações que ocorram nas condições das características microclimáticas, as mesmas podem funcionar como “filtros abióticos” que limitam os processos de dinâmica populacional, retardando ou acelerando o nascimento e mortes das espécies estabelecidas (Brunet et al. 2012; Chen et al. 2015; Seifan et al. 2010; Souza et al. 2014; Zimmerman et al. 2000) e, conseqüentemente, o processo sucessional das florestas.

## **Conclusão**

As variações interanuais e sazonais nos totais de precipitação e as condições microclimáticas das florestas influenciam de forma diferenciada a dinâmica das populações. Precipitação teve baixo poder de influencia sobre os nascimentos e mortes de todas as populações e a idade da floresta nem sempre influencia a densidade populacional, mas quando influencia seu poder pode se elevado.

Este estudo evidenciou que as respostas demográficas das plantas lenhosas às variações microclimáticas podem ser complexas nas florestas secas. As dessemelhanças nas condições microclimáticas entre florestas sugerem lentidão no retorno das condições de estabelecimento das plantas, pós-uso das florestas. Sugerimos que o retorno das condições microclimáticas seja de extrema importância para que as novas florestas formadas pós-uso da terra para atividades agrícolas, alcancem a maturidade em ambientes semiáridos. Torna-se necessário um acompanhamento em longo prazo para se compreender o comportamento demográfico das populações até que as florestas alcancem maturidade.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro, a Estação Experimental José Nilson de Melo do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA pelo apoio logístico durante o trabalho de campo; Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da UFRPE pelo apoio institucional; aos pesquisadores do Laboratório de Ecologia Vegetal dos Ecossistemas Naturais - L.E.V.E.N pela ajuda no trabalho de campo e processamento dos dados; ao Dr. André Santos pela ajuda nas análises dos dados; a Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (Facepe), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas (primeira autora e bolsa produtividade em pesquisa) e apoio financeiro ao projeto.

## Referências

- Albuquerque UP, Araújo EL, El-Deir ACA, Lima ALA, Souto A, Bezerra BM, Ferraz EMN, Freire EMX, Sampaio EVSB, Las-Casas FMG, Moura GJB, Pereira GA, Melo JG, Ramos MA, Rodal MJN, Schiel N, Lyra-Neves RM, Alves RRN, Azevedo-Júnior SM, Telino Júnior WR, Severi W (2012) Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. *The Scientific World Journal* 2012:1-18
- Alcoforado-Filho FG, Sampaio EVSB, Rodal MJN (2003) Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. *Acta Botanica Brasilica* 287-303
- Andrade JR, Silva KA, Santos JMFF, Santos DM, Guerra TP, Araújo EL (2015) Influence of microhabitats on the performance of herbaceous species in areas of mature and secondary forest in the semiarid region of Brazil. *Revista de Biologia Tropical* 63(2):357-368
- Araújo EL, Nogueira RJMC, Silva SI, Silva KA, Santos AVC, Santiago GA (2008) Ecofisiologia de plantas da caatinga e implicações na dinâmica das populações e do ecossistema (ISBN 9788578190224). In: Moura, A.N.; Araújo, E.L; Albuquerque, U.P. (Org.). Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos. Recife: Comunigraf/Nupea 1:329-361
- Araújo EL, Castro CC, Albuquerque UP (2007) Dynamics of Brazilian Caatinga – A review concerning the plants, environment and people. *Functional Ecosystems and Communities* 1:15-28

- Araújo FS, Rodal MJN, Barbosa MRV (2005) Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte e estratégias regionais de conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente 446p
- Araújo EL, Martins FR, Santos AM (2005b) Establishment and death of two dry tropical forest woody species in dry and rainy seasons in northeastern Brazil, in: Nogueira, R.J.M.C., Araújo, E.L., Willadino, L.G., Cavalcante, U.M.T. (Eds.), Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: MXM Gráfica e Editora, pp. 76-91
- Araújo EL, Silva KA, Ferraz EMN, Sampaio EVSB, Silva SI (2005a) Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de Caatinga, Caruaru-PE. *Acta Botanica Brasilica* 19: 285-294
- Benton TG, Plaistow SJ, Coulson TN (2006) Complex population dynamics and complex causation: devils, details and demography. *Proc Royal Soc B Biol Sci* 273:1173–1181
- Brooks ML (1999) Habitat invasibility and dominance by alien annual plants in the western Mojave Desert. *Biological Invasions* 1:325–337
- Brunet J, De Frenne P, Holmström E, Mayr M (2012) Life-history traits explain rapid colonization of young post-agricultural forests by understory herbs. *Forest Ecology and Management* 278:55-62
- Carvalho NM, Nakagawa J (2000) Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Campinas: Fundação Cargill 588p
- Chazdon RL (2003) Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6:51-71
- Chen et al. (2015) *Cell*, 161, pp. 277–290

- Crone EE, Menges ES, Ellis MM, Bell T, Bierzychudek P, Ehrlén J, Kaye TN, Knight TM, Lesica P, Morris WF, Oostermeijer G, Quintana-Ascencio PF, Stanley A, Ticktin T, Valverde T, Williams JL (2011) How do plant ecologists use matrix population models? *Ecology Letters* 14:1–8
- Dupuy JM, Hernández-Stefanoni JL, Hernández-Juárez RA, Tetetla-Rangel E, López Martínez JO, Leyequién-abarca E, Tun-dzul FJ (2012) Patterns and Correlates of Tropical Dry Forest Structure and Composition in a Highly Replicated Chronosequence in Yucatan, Mexico. *Biotropica* 44:151-162
- Falcão HM, Medeiros CD, Silva BLR, Sampaio EVSB, Almeida-Cortez JS, Santos MG (2015) Phenotypic plasticity and ecophysiological strategies in a tropical dry forest chronosequence: A study case with *Poincianella pyramidalis*. *Forest Ecology and Management* 340:62–69
- Feeley KJ, Silman MR, Bush MB, Farfan W, Cabrera KG, Malhi Y, Meir P, Revilla NS, Quisíyupanqui MNR, Saatchi S (2011) Upslope migration of Andean trees. *Journal of Biogeography* 38(4): 783-791
- Figueiredo JM (2010) Revegetação de áreas antropizadas da Caatinga com espécies nativas. Dissertação 60p. (Mestrado em Ciências Florestais). Patos. Universidade Federal de Campina Grande
- García-Carreras L, Parker DJ (2011) How does local tropical deforestation affect rainfall? *Geophysical Research Letters*, Irvine 38: L19802
- Ghulam A, Porton I and Freeman K (2014) Detecting subcanopy invasive plant species in tropical rainforest by integrating optical and microwave (InSAR/PoInSAR) remote sensing data, and a decision tree algorithm. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 88:174-192

- Gómez-Aparicio L, Gómez JM, Zamora R (2005) Microhabitats shift rank in suitability for seedling establishment depending on habitat type and climate. *Journal of Ecology* 93:1194-1202
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Estatística Pesqueira do Brasil (2014) Disponível em: <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em: 02 ago. 2015.
- Jacquemyn H, Brys R, Jongejans E (2010) Seed limitation restricts population growth in shaded populations of a perennial woodland orchid. *Ecology* 91:119–129
- Jong HK & Botella JR (2002) Callus induction and plant regeneration from Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) for transformation. *Journal Plant Biology* 45(3):177-181
- Köppen W (1948) *Climatologia: con um estúdio de los climas de a Tierra*. Fondo de Cultura Economica, México 478p
- Leal IRM, Tabarelli EJM, Silva C (2003) *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco Recife Brasil
- Lima EN, Araújo EL, Ferraz EMN, Sampaio EVSB, Silva KA, Pimentel RMM (2007) Fenologia e dinâmica de duas populações herbáceas da caatinga. *Revista de Geografia* 24:124-141
- Lopes CGR, Ferraz EMN, Castro CC, Lima EN, Santos JMFF, Santos DM, Araújo EL (2012) Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. *Forest Ecology Management* 271:115-123
- Lucena RFP, Nascimento VT, Araújo EL, Albuquerque UP (2008) Local uses of native plants in area of caatinga vegetation Pernambuco - NE, Brazil. *Ethnobotany Research and Applications* 6:3-13



- Martinez AF, Medina GIM, Golubov J, Montna C, Mandujano MC (2010) Demography of an endangered endemic rupicolous cactus. *Plant Ecol* 210:53–66
- Mendes LB, Silva KA, Santos DM, Santos JMFF, Albuquerque UP, Araújo EL (2015) What happens to the soil seed bank 17 years after clear cutting of vegetations? *Revista de Biologia Tropical* 63:321-332
- Monteiro JM, Albuquerque UP, Lins-Neto EMF, Araújo EL, Amorim ELC (2006) Use patterns and knowledge of medicinal species among two rural communities in Brazil's semi-arid northeastern region. *Journal of Ethnopharmacology* 105:173-186
- Oliveira RLC, Lins Neto EMF, Araújo EL, Albuquerque UP (2007) Conservation priorities and populations structure of woody medicinal plants in an area of Caatinga Vegetation (Pernambuco State, NE Brazil). *Environmental Monitoring and Assessment* 132:189-206
- Pereira IM, Andrade LA, Costa JRM, Dias MJ (2001) Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. *Acta botânica brasílica* 15(3): 413-426
- Quesada M, Sanchez-Azofeifa GA, Alvarez-Añorve M (2009) Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. *Forest Ecology and Management* 258:1014–1024
- Reis AMS, Araújo EL, Ferraz EMN, Moura AN (2006) Variações interanuais na florística e fitossociologia do componente herbáceo de uma área de Caatinga, Pernambuco, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 29: 497-508
- Santos JMFF, Santos DM, Lopes CGR, Silva KA, Sampaio EVSB, Araújo EL (2013) Natural regeneration of the herbaceous community in a semiarid region in Northeastern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment* 185: 8287-8302

- Santos JMFF, Andrade JR, Lima EN, Silva KA, Araújo EL (2007) Dinâmica populacional de uma espécie herbácea em uma área de floresta tropical seca no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 5:855-857
- Scalon SPQ, Mussury RM, Euzébio VLM, Kodama FM, Kissmann C (2011) Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). *Ciência Florestal* 21:655-662.
- Seifan M, Tielbörger K, Kadmon R (2010) Direct and indirect interactions among plants explain counterintuitive positive drought effects on eastern Mediterranean shrub species. *Oikos* 119:1601-1609
- Silva APO (2012) Manual para Recuperação de Áreas Degradadas por Extração de Piçarra na Caatinga
- Silva KA, Santos DM, Santos JMFF, Ferraz EMN, Albuquerque UP, Araújo EL (2013) Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecologica (Montrouge)* 46:25-32
- Silva RCS, Santos JMFF, Santos DM, Andrade JR, Pimentel RMM, Araujo EL (2011) Dinâmica de *Delilia biflora* kuntze sob a influência da sazonalidade climática e diferentes *status* de conservação em uma floresta seca do Brasil. *Revista de Geografia* 28:132-148
- Sletvold N, Dahlgren JP, Øien DI, Moen A, Ehrle'n J (2013) Climate warming alters effects of management on population viability of threatened species: results from a 30-year experimental study on a rare orchid. *Glob Chang Biol* 19:2729–2738
- Souza JT, Ferraz EMN, Albuquerque UP, Araújo EL (2014) Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate?. *Plant Biology (Stuttgart)* 16:748-756

- Stephens EL, Tye MR, Quintana-Ascencio PF (2014) Habitat and microsite influence demography of two herbs in a intact and degraded scrub. *Population Ecology* 56:447–461
- Titus JH, Tsuyuzaki S (2003) Distribution of plants in relation to microsites on recent volcanic substrates on Mount Koma, Hokkaido, Japan. *Ecological Research* 18:91–98
- Vieira DLM, Scariot A (2006) Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Restoration Ecology* 14:11-20
- Villalobos SM, Balvanera P, Martínez-Ramos M (2011) Early Regeneration of Tropical Dry Forest from Abandoned Pastures: Contrasting Chronosequence and Dynamic Approaches. *Biotropica* 43:666-675
- Villalobos SM, Poorter L, Martínez-Ramos M (2013) Effects of ENSO and Temporal Rainfall Variation on the Dynamics of Successional Communities in Old-Field Succession of a Tropical Dry Forest 8:12-20
- Zar JH (1999) *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ
- Zimmerman JK, Pascarella JB, Aide TM (2000) Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. *Restoration Ecology* 8:350-360

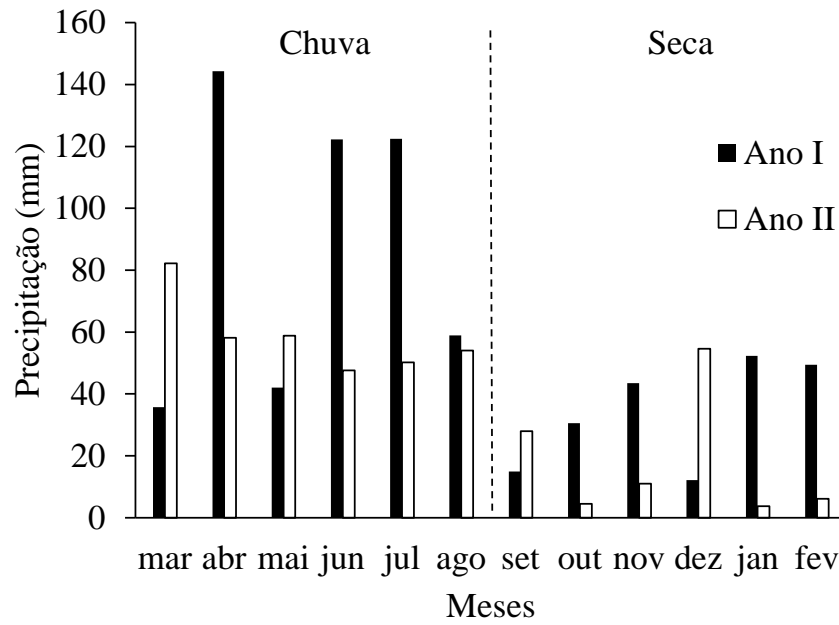


Figura 1. Variação mensal dos totais pluviométricos durante o período de estudo na Estação Experimental José Nilson de Melo no município de Caruaru – PE, Brasil.

Tabela 1. Análise ANOVA para medidas repetidas mostrando a influência da idade (floresta madura e jovem), estação climática (chuvosa e seca) e anual (ano I e II) e suas interações sobre a densidade, nascimentos e mortes de três espécies vegetais em uma floresta tropical brasileira. Valores de p em negrito denotam diferença significativa (GL= graus de liberdade; SQ= soma dos quadrados; QM= quadrado médio; F=Fisher; P = Significância; R= percentual de explicação).

Espécies	Densidade						Mortes						Nascimentos					
	GL	SQ	QM	F	p	R	SQ	QM	F	P	R	SQ	QM	F	P	R		
<i>Poincianella pyramidalis</i>																		
Intercept	1	1360,74	1360,74	1073,32	0,00		11,16	11,16	111,50	0,0000		0,66	0,66	99,13	0,000			
Idade	1	456,70	456,70	360,23	<b>&lt;0,05</b>	0,308	10,00	10,00	99,88	<b>&lt;0,05</b>	0,094	0,04	0,04	6,09	<b>&lt;0,05</b>	0,007		
Ano	1	0,01	0,01	0,01	0,934	0,000	3,16	3,16	31,58	<b>&lt;0,05</b>	0,029	0,05	0,05	7,72	<b>&lt;0,05</b>	0,009		
Estação	1	0,00	0,00	0,00	0,955	0,000	3,67	3,67	36,61	<b>&lt;0,05</b>	0,034	0,00	0,00	0,72	0,396	0,000		
Idade*Ano	1	8,44	8,44	6,65	<b>&lt;0,05</b>	0,005	2,67	2,67	26,67	<b>&lt;0,05</b>	0,025	0,06	0,06	8,97	<b>&lt;0,05</b>	0,010		
Idade*Estação	1	5,75	5,75	4,54	<b>&lt;0,05</b>	0,003	3,13	3,13	31,31	<b>&lt;0,05</b>	0,029	0,00	0,00	0,06	0,814	0,000		
Idade*Estação	1	3,70	3,70	2,92	0,088	0,002	2,25	2,25	22,50	<b>&lt;0,05</b>	0,021	0,01	0,01	1,24	0,265	0,001		
Idade*Ano*Estação	1	0,09	0,09	0,07	0,793	0,000	1,94	1,94	19,34	<b>&lt;0,05</b>	0,018	0,03	0,03	4,53	0,033	0,005		
Error	792	1004,08	1,27				79,29	0,10				5,31	0,01					
Total	799	1478,76					106,10					5,51						
<i>Schinopsis brasiliensis</i>																		
Intercept	1	74,50	74,50	345,76	0,000		0,02	0,02	23,50	0,000		0,05	0,05	38,20	0,0000			
Idade	1	0,51	0,51	2,38	0,123	0,003	0,00	0,00	0,15	0,700	0,000	0,04	0,04	28,31	<b>&lt;0,05</b>	0,031		
Ano	1	0,10	0,10	0,44	0,505	0,000	0,01	0,01	8,34	<b>&lt;0,05</b>	0,010	0,03	0,03	20,26	<b>&lt;0,05</b>	0,022		
Estação	1	0,04	0,04	0,18	0,673	0,000	0,01	0,01	6,71	<b>&lt;0,05</b>	0,008	0,02	0,02	19,01	<b>&lt;0,05</b>	0,020		
Idade*Ano	1	0,29	0,29	1,33	0,249	0,001	0,00	0,00	0,15	0,700	0,000	0,02	0,02	16,98	<b>&lt;0,05</b>	0,018		
Idade*Estação	1	0,23	0,23	1,07	0,301	0,001	0,00	0,00	1,63	0,201	0,002	0,02	0,02	15,84	<b>&lt;0,05</b>	0,017		
Idade*Estação	1	0,49	0,49	2,26	0,132	0,002	0,01	0,01	7,65	<b>&lt;0,05</b>	0,009	0,01	0,01	9,99	<b>&lt;0,05</b>	0,010		
Idade*Ano*Estação	1	0,11	0,11	0,52	0,471	0,000	0,00	0,00	1,22	0,270	0,001	0,01	0,01	10,63	<b>&lt;0,05</b>	0,011		
Error	792	170,65	0,22				0,68	0,00				1,04	0,00					
Total	799	172,41					0,70					1,20						

Tabela 1. Continuação

Espécies	Densidade						Mortes					Nascimentos				
	GL	SQ	QM	F	p	R	SQ	QM	F	P	R	SQ	QM	F	p	R
<i>Myracrodruon urundeuva</i>																
Intercept	1	135,35	135,35	325,93	0,0000		0,70	0,70	40,72	0,0000		0,36	0,36	67,70	0,000	
Idade	1	5,07	5,07	12,20	<b>&lt;0,05</b>	0,015	0,01	0,01	0,32	0,571	0,000	0,00	0,00	0,78	0,376	0,000
Ano	1	0,05	0,05	0,12	0,728	0,000	0,01	0,01	0,55	0,457	0,000	0,14	0,14	26,60	<b>&lt;0,05</b>	0,031
Estação	1	0,94	0,94	2,26	0,133	0,002	0,30	0,30	17,49	<b>&lt;0,05</b>	0,021	0,02	0,02	3,43	0,064	0,004
Idade*Ano	1	0,20	0,20	0,49	0,484	0,000	0,10	0,10	5,78	0,016	0,007	0,01	0,01	1,23	0,266	0,001
Idade*Estação	1	0,01	0,01	0,02	0,877	0,000	0,00	0,00	0,00	0,954	0,000	0,05	0,05	8,96	<b>&lt;0,05</b>	0,010
Idade*Estação	1	3,68	3,68	8,86	<b>&lt;0,05</b>	0,010	0,02	0,02	1,24	0,266	0,001	0,04	0,04	8,34	<b>&lt;0,05</b>	0,009
Idade*Ano*Estação	1	0,18	0,18	0,43	0,5142	0,000	0,08	0,08	4,50	<b>&lt;0,05</b>	0,005	0,08	0,08	14,86	<b>&lt;0,05</b>	0,017
Error	792	328,89	0,42				13,68	0,02				4,26	0,01			
Total	799	339,02					14,20					4,60				

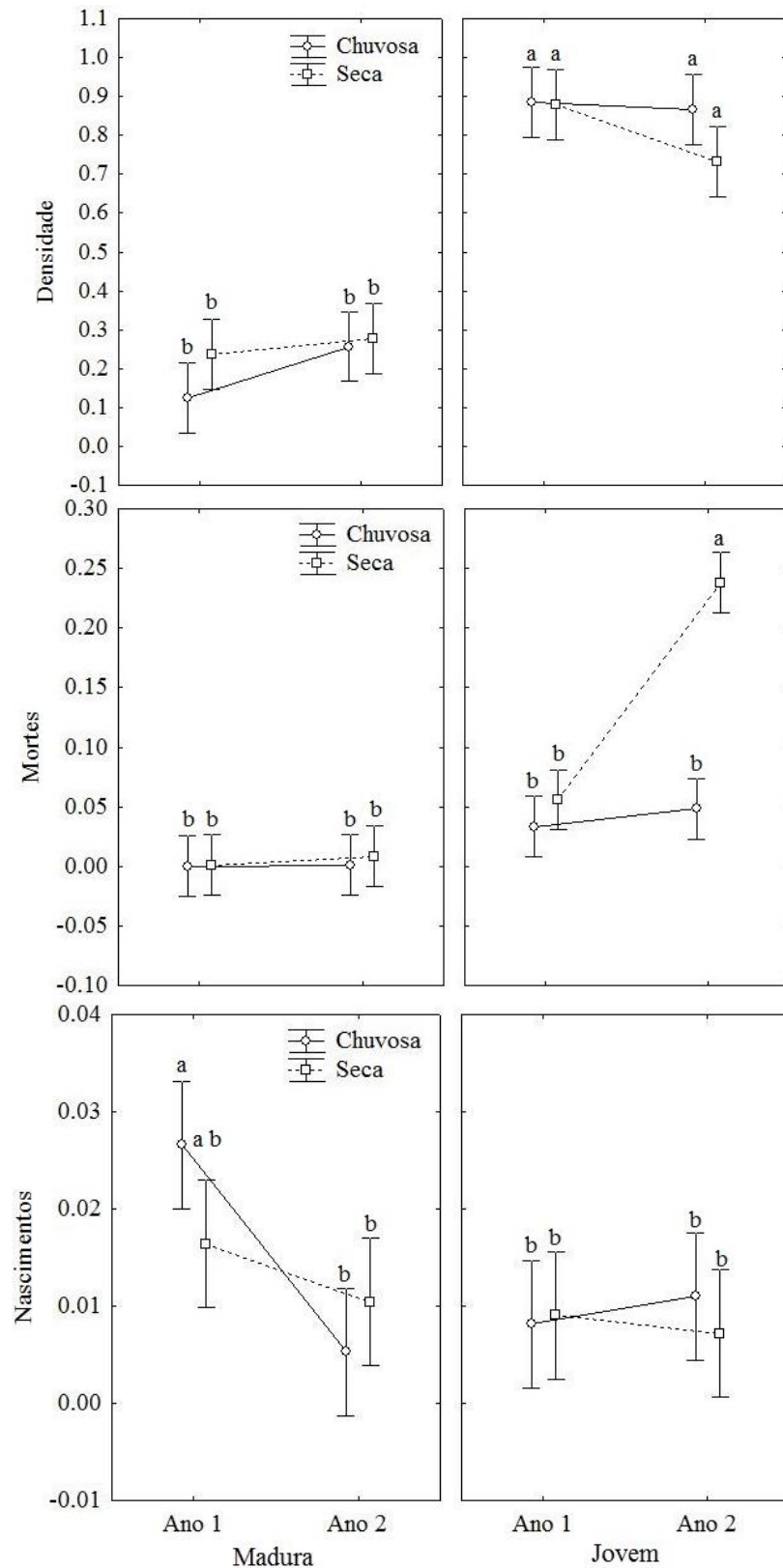


Figura 2. Variação espaço-temporal na densidade, mortes e nascimentos (indivíduos/25m<sup>2</sup>) na população de *Poincianela pyramidales* em uma floresta tropical seca brasileira. Letras diferentes entre florestas (madura e jovem), entre anos e entre estações (chuvosa e seca) denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais indicam intervalo de confiança de 0,95.

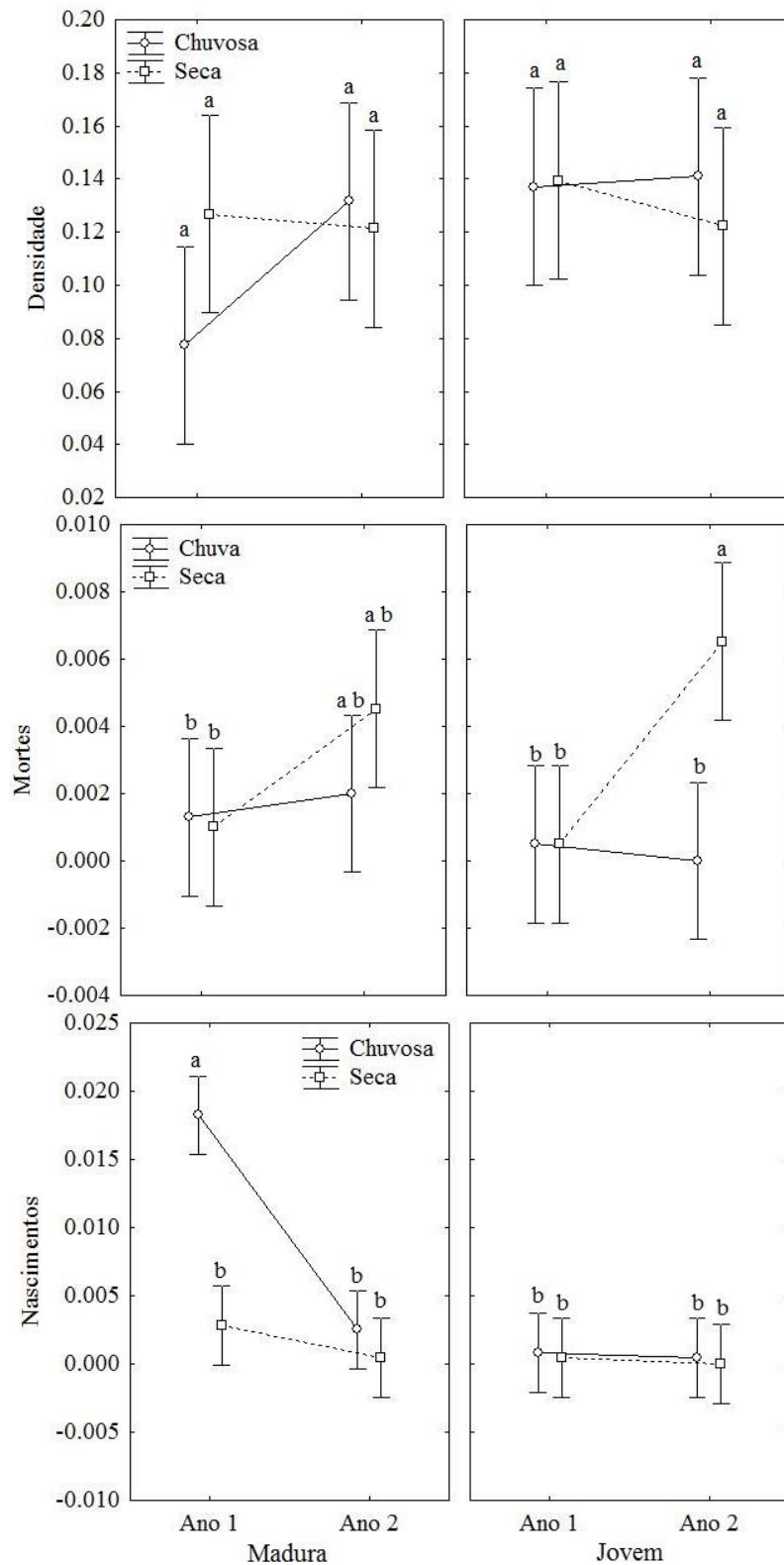


Figura 3. Variação espaço-temporal na densidade, mortes e nascimentos (indivíduos/25m<sup>2</sup>) na população de *Schinopsis brasiliensis* em uma região semiárida no Nordeste do Brasil. Letras diferentes entre florestas (madura e jovem), entre anos e entre estações (chuvosa e seca) denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.



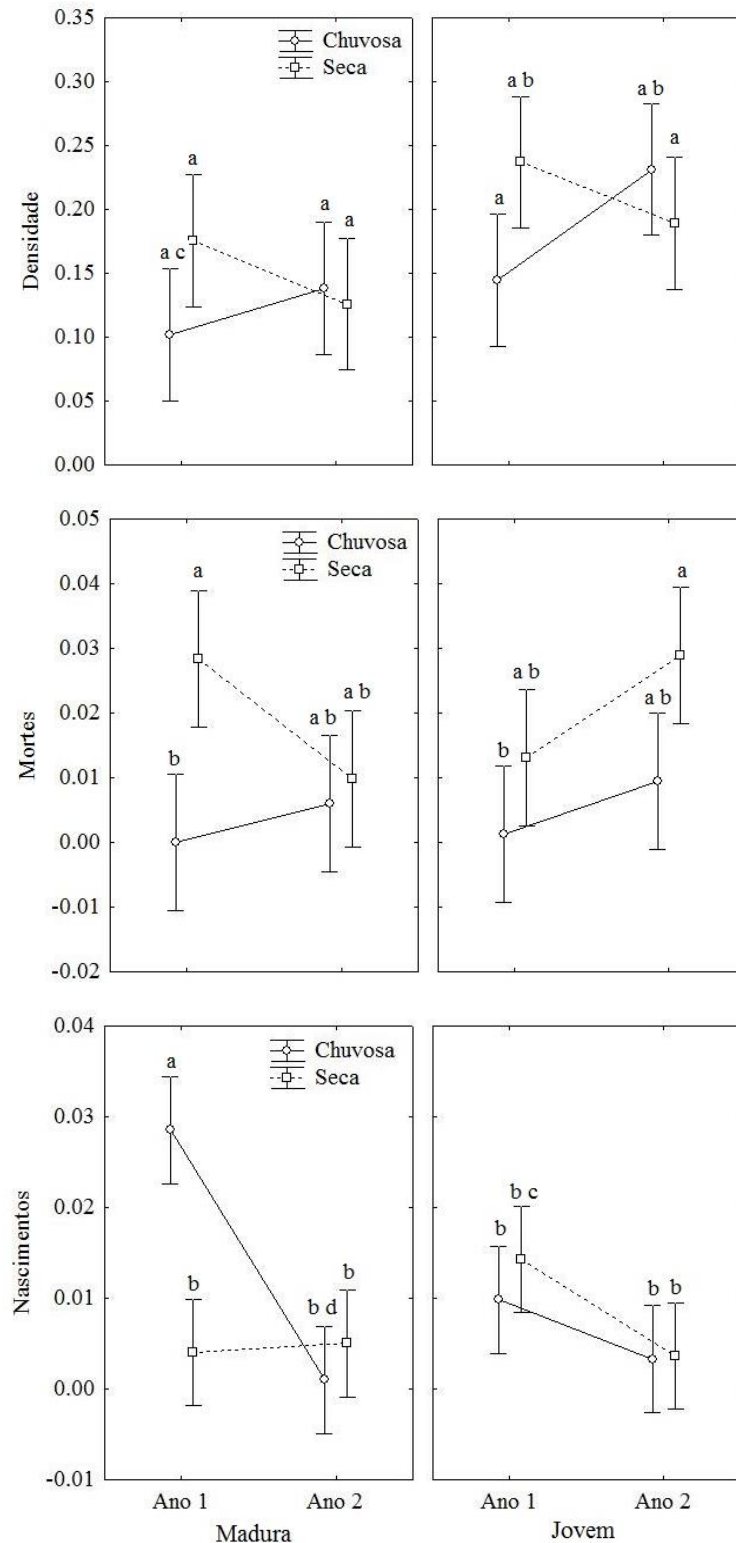


Figura 4. Variação espaço-temporal na densidade, mortes e nascimentos (indivíduos/25m<sup>2</sup>) na população de *Myracrodruon urundeuva* em uma região semiárida no Nordeste do Brasil. Letras diferentes entre florestas (madura e jovem), entre anos e entre estações (chuvosa e seca) denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais indicam intervalo de confiança de 0,9.

Tabela 2. Correlação dos parâmetros demográficos (densidade, número de indivíduos mortos e nascidos) com as variáveis microclimáticas (luz – lux, temperatura - °C, vento – m/s, umidade - %) entre florestas madura e jovem de caatinga, Brasil. Valores em negrito denotam correlações significativas.

Espécie	Madura				Jovem			
	Luz	Temperatura	Vento	Umidade	Luz	Temperatura	Vento	Umidade
<i>Poincianella pyramidalis</i>								
Densidade	0,062605	0,056529	0,012076	-0,055274	<b>-0,253142</b>	0,007970	-0,038561	0,099660
Mortes	<b>0,129612</b>	<b>0,148860</b>	-0,018996	<b>-0,141439</b>	<b>0,141053</b>	0,033397	0,054005	<b>-0,216966</b>
Nascimentos	<b>0,103770</b>	0,099777	-0,022970	-0,094953	-0,103239	0,041887	0,053488	-0,046764
<i>Schinopsis brasiliensis</i>								
Densidade	0,014382	-0,017568	-0,037140	0,029588	<b>-0,155921</b>	-0,065982	0,029170	0,075376
Mortes	0,010088	-0,068075	0,016699	0,073804	0,047308	-0,001371	<b>0,113994</b>	<b>-0,109179</b>
Nascimentos	-0,055613	-0,078403	0,037477	0,066890	-	-	-	-
<i>Myracrodruon urundeuva</i>								
Densidade	-0,085567	-0,010187	-0,044557	-0,000382	<b>-0,184360</b>	-0,088229	0,040342	0,091893
Mortes	0,055326	0,029171	-0,093053	-0,050091	0,002707	-0,072935	-0,063140	-0,027760
Nascimentos	0,095389	<b>0,121921</b>	-0,062660	<b>-0,125148</b>	0,015226	-0,036464	-0,050954	0,072336

Tabela 3. Médias e desvios padrões da luz (lux), temperatura (°C), vento (m/s) e umidade (%) nas florestas madura e jovem. Valores em negrito denotam diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) pelo teste Kruskal-Wallis.

<b>Variáveis</b>	<b>Floresta madura</b>	<b>Floresta jovem</b>	<b>Kruskal-Wallis (H)</b>
Luz	12.777±7.820	14.011±8.759	H=0,49; p=0,4828
Temperatura	30,86±5,09	33,18±4,80	H=46,64; <b>p&lt;0,01</b>
Vento	0,32±1,46	0,56±0,69	H=66,13; <b>p&lt;0,01</b>
Umidade	42,87±12,20	40,71±8,14	H=10,86; <b>p=0,01</b>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apontou que a regeneração e a dinâmica das populações estabelecidas em florestas com idades distintas apresentam divergências na estrutura da comunidade, na densidade, nascimentos e mortes das espécies, sendo as variações microclimáticas distintas nessas florestas. Mesmo estando próxima a uma floresta madura e encontrar-se em regeneração á 19 anos, uma floresta seca secundária (correspondente a uma área de cultivo abandonado) em cinco anos não apresentou alterações significativas na riqueza e a área basal de sua comunidade reestabelecida.

O microclima das florestas jovens tende a ser mais quente e seco quando comparado ao de florestas consideradas mais maduras devido à existência de áreas de clareira, sendo importante a obtenção de informações sobre a dinâmica de espécies que se estabelecem bem nessas condições a fim de serem indicadas como potenciais na recuperação de áreas perturbadas. *M. urundeuva* apesar de ser estar vulnerável a extinção se estabeleceu bem na floresta jovem, podendo ser indicada na regeneração de áreas de caatinga modificadas pelo homem.

As variações significativas nas condições microclimáticas entre florestas sugerem lentidão no retorno das condições de estabelecimento das plantas, pós-uso das florestas. Indicando que uma área de caatinga que sofreu ação antrópica e vem se regenerando à pelo menos 19 anos ainda encontra-se em sucessão intermediária.

Com isso, tornando-se necessário um acompanhamento em longo prazo das espécies estabelecidas nesses tipos de áreas a fim de conhecermos como se dará as mudanças na estrutura da comunidade e na dinâmica dessas populações até estarem estabelecidas em uma área com características semelhantes de uma floresta madura.

## ANEXOS

### **Normas Journal of Vegetation Science**

Journal of Vegetation Science

© International Association for Vegetation Science

Cover image for Vol. 27 Issue 3

Chief Editors: Alessandro Chiarucci, Valerio Pillar, with Milan Chytrý, Meelis Pärtel (Chair of the Editors)

Impact Factor: 3.709

ISI Journal Citation Reports © Ranking: 2014: 2/65 (Forestry); 25/204 (Plant Sciences); 31/145 (Ecology)

Online ISSN: 1654-1103

Associated Title(s): Applied Vegetation Science

### Author Guidelines

#### Journal of Vegetation Science Author Guidelines

#### Scope

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

restoration, and papers on vegetation survey should be directed to our associate journal, *Applied Vegetation Science*.

### Acceptance criteria

The journal will consider for publication only manuscripts not previously formally published. Prior posting of a manuscript on an online preprint archive such as ArXiv or bioRxiv is acceptable, as is posting of the preprint on a private website or publication as a component of a thesis or dissertation. We will not consider for publication articles permanently posted in preprint archives associated with specific journals.

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

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

The questions in the paper can be addressed by many means, including description, experiments, simulations, meta-analysis, inference, extrapolation, etc. There is no limit to the nature of the approach, as long as the work is sound. As a rule of thumb, the journal would accept a paper if at least 66% of vegetation scientists would regard it as having some interest, or at least 10% would regard it as being very interesting.

All submitted manuscripts must comply with our publishing ethics as detailed [here](#).

Authors are strongly encouraged to make their primary data available in appendix tables or data depositories.

## Types of papers

### Research article

This category includes description, experiment, simulation, theory, description of a new method, or any combination of those. The typical length of ordinary papers is about 8–10 printed pages. The submission of longer papers can be accepted on the basis of a sound explanation given in the cover letter. Shorter papers may be managed and published sooner.

To estimate the article length, note that an average journal page can contain about 800 words for the main text from the Title to the end of References, or a variable number of display items (tables and/or figures) that would be readable when printed together in an A4 page. For instance, a manuscript with 6800 words and a given number of display items fitting in 1.5 A4 pages would use almost 10 journal pages, which is fine for a Research Article. Within this limit, authors are free to distribute the space among text and display items. Online supplementary files may be used for less essential text and/or display items.

### Synthesis

Reviews of a topic that produce new ideas / conclusions (and are not merely summaries of the literature) can be published as Syntheses, which may be longer than Research articles, but the length must be justified by the content of interest.

### Forum

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

## Report

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

## Journal's policy on criticism and errata

For details of the policy on papers that have a major element criticising a particular paper or body of work, and on responses, also for the policy on errata, [click here](#).

## Manuscripts

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

## Manuscript structure

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

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

**Printed journal page estimate:** Give the number of words from title to references and estimated size of tables and figures. For example: 6800 words (8.4 pages), table 0.3 pages, figures 1.2 pages, total 9.9 pages.



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

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

**Nomenclature:** Refer to a source for unified nomenclature of plant species or vegetation units, unless there be few names and their authors are given in the text. Do not use author citation for names in the text if they are given in the nomenclature source. Use the following format:

Nomenclature Tutin et al. (1968–1993) for vascular plants; Hill et al. (2006) for mosses; Schumacker & Váňa (2000) for hepatics

Nomenclature Stace (2010) for plants; Rodwell (1991–2000) for plant communities

Nomenclature Castroviejo et al. (1986–2012) except for Compositae and Gramineae, which follow the Euro+Med PlantBase ([ww2.bgbm.org/EuroPlusMed](http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed), accessed on 4 Apr 2013).

Nomenclature USDA Plants Database (<http://plants.usda.gov/java/>; accessed on 12 Mar 2014)

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

**Running head:** Shortened title.

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

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

Author contributions: For papers with more than one author, an optional concise statement of authorship may be included informing who designed the research, who collected the data, who developed new methods, and who wrote the manuscript. Use initials to identify the authors.

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

References section: Use the formats below. Always give the full name of the journals. For references with up to eleven authors, all authors are listed. If there are twelve or more authors, only the first nine and the last one are listed, while the others are replaced by "(...) &".

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

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

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

Blackburn, T.M., Essl, F., Evans, T., Hulme, P.E., Jeschke, J.M., Kühn, I., Kumschick, S., Marková, Z., Mrugała, A., (...) & Bacher, S. 2014. A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. *PLoS Biology* 12: e1001850.

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

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

Do NOT list computer programs, personal communications or web-pages under References. EndNote Reference Style File is available in our Author Services.

References to computer programs: Computer programs used should be mentioned in the Methods section, e.g. "performed by DoStats (version 6.2, StatProgs Inc., Springfield, NY, US)" or "performed by Partition (version 3.0, [www.users.muohio.edu/cristto/partition.htm](http://www.users.muohio.edu/cristto/partition.htm))". Only descriptions of computer programs in refereed journals or in books with an ISBN can be cited in the References section. References to computer programs should never substitute references to proper description of methods performed using these programs. The methods used should be fully described in the text, in an appendix and/or by readily-available references. A reference to a computer program and to "program defaults" is not a substitute.

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

#### References in other languages than English

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

Examples:

Mucina, L. 1985. Používat' či nepoužívat' Ellenbergove indikačné hodnoty? *Biológia* 40: 511–516.

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

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

Example:

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

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

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

Example:

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

Manuscript format

Number all pages and all the lines continuously. Use a single-column format. Use scientific names of taxa, and avoid vernacular names. Units of measurement must follow the International System of Units, e.g. mg.m<sup>-2</sup>.yr<sup>-1</sup>. The time unit for contemporary phenomena can be 's', 'min', 'hr', 'week', 'mo' or 'yr'. For palaeo-time use 'ka' or 'Ma'; make always clear whether 14C years or calendar years BP (before present) are used. Dates should be in the

format: 2 Sep 2010, i.e. with the month as three letters. Months on their own should be in full: September. Country abbreviations are by 2-letter code (but note UK, not GB). Use words rather than symbols where possible, especially in the Title, Abstract and Keywords, e.g. 'beta' rather than ' $\beta$ '.

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

## Tables

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

## Figures

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

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

full labels instead of abbreviations should be used in the figures. Scale bars should be given on microphotographs and maps.

Artwork guidelines are available at <http://authorservices.wiley.com/electronicartworkguidelines.pdf>. The journal welcomes colour figures and plates when information would be lost if reproduced in black and white. Please note there is a charge for colour in print, please promptly post or courier the completed hard copy\* of the Colour Work Agreement Form (including payment information) to this mailing address below. Manuscripts where all colour figures will appear in greyscale in print do not require a Colour Work Agreement form.

Customer Services (OPI)

John Wiley & Sons Ltd

European Distribution Centre

New Era Estate, Oldlands Way

Bognor Regis

West Sussex

PO22 9NQ

Free colours will be used in the online version of the journal if printed version will be in black and white. If this option is selected, add a black and white version of the figure to the paper (without counting it on page length) to make sure it is still meaningful when printed without colours.

Electronic appendices

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

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

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

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

Written text should be in PDF, and where the reader might wish to extract text (e.g. computer program codes) also in plain text (TXT). Tables should be in PDF and longer tables (>30 rows) additionally in plain text (TXT or CSV) format. Raw data should be in plain text (TXT or CSV) format. Figures and photographs should be in PDF format, including captions. Groups of related items (e.g. a set of figures, or of photographs) can be included in a single appendix. A detailed caption should appear in each appendix.

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

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

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

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

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

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

Submissions

## Technical checklist before manuscript submission

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

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

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

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

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

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

Bush, J. B. (Corresponding author, [jb\\_bush@lmu.ac.uk](mailto:jb_bush@lmu.ac.uk))<sup>1</sup>

Coxon, E. F. ([doughnut@herbicide.co.uk](mailto:doughnut@herbicide.co.uk))<sup>1,2</sup>

Smith, G. ([g\\_smith@lmu.ac.uk](mailto:g_smith@lmu.ac.uk))<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ecology Department, Little Marsh University, 11 Main St., Little Marsh, Berkshire, UK;

<sup>2</sup>Botany Department, Herbicide Manufacturers, P. O. Box 2002, Southend-on-Sea, UK

E-mails given for all authors.

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

**Nomenclature source and Abbreviations:** Are given if relevant.

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

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



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

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

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

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

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

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

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

#### Conflict of Interest

All authors are required to disclose potential sources of conflict of interest upon submission. [Click here for further information.](#)

#### Accepted Papers

If a paper is eventually accepted, there are several technical and presentation issues that will need to be checked. Authors should check these when they receive the Co-ordinating Editor's response and make necessary modifications (the Co-ordinating Editor and Chief Editors may give directions on such issues). After the paper is accepted, it will be passed via the Editorial Office to the Production Editors. If only minor technical issues remain, the Production Editors may make the changes themselves, perhaps checking with the author first, or asking by a note on the proofs to check the changes. For major changes (e.g. if there are many language problems), the Production Editors will be unable to correct papers for authors, and authors

will be given the choice of doing this work themselves, even at this late stage, or having it done at cost. Exceptions to these charges can be made only for ecologists from the developing world. It is quite possible that none of this will apply to a particular paper, but we warn all authors at the submission stage just in case it turns out that it does. Once a paper has been accepted, it will be forwarded to the publisher to proceed with the production

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

Authors having colour figures have to fill in the form available [here](#) and post a hard copy to: Customer Services (OPI), John Wiley & Sons Ltd, European Distribution Centre, New Era Estate, Oldlands Way, Bognor Regis, West Sussex, PO22 9NQ. Financial support may be available to authors from developing countries who have figures for which colour is essential. For possible financial support contact the Editorial Office.

#### Graphical abstracts on tables of contents

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

#### Cover images

Electronic artwork/original photographs of high quality suitable for the cover are welcome. Potential cover images should be submitted to the Editorial Office. Images should be accompanied by a caption and include the name of the photographer or artist. Images should be related to accepted papers. Photographs submitted as cover images can be identical with those submitted for online Supporting Information. For each photograph, the author should make clear whether it is submitted for online Supporting Information, journal cover, or both. Contributors are required to assign copyright of photographs to the International Association for Vegetation Science by UK law.

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

#### Page charges and subscriptions

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

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

#### For authors signing the copyright transfer agreement

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

CTA Terms and Conditions [http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs\\_copyright.asp](http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp)

#### OnlineOpen Service

OnlineOpen is available to authors of primary research papers who wish to make their paper available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their paper. With OnlineOpen the author, the author's funding agency or institution pays a fee to ensure that the paper is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's

preferred archive. For the full list of terms and conditions, see [http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen\\_Terms](http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen_Terms).

Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from our website at:  
[https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen\\_order.asp](https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen_order.asp)

If the OnlineOpen option is selected the corresponding author will have a choice of the following Creative Commons License Open Access Agreements (OAA):

Creative Commons Attribution License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial -NoDerivs License OAA

To preview the terms and conditions of these open access agreements please visit the Copyright FAQs hosted on Wiley Author Services and visit [here](#).

If an author select the OnlineOpen option and the research is funded by The Wellcome Trust and members of the Research Councils UK (RCUK), authors will be given the opportunity to publish the article under a CC-BY license supporting authors in complying with Wellcome Trust and Research Councils UK requirements. For more information on this policy and the Journal's compliant self-archiving policy please visit:  
<http://www.wiley.com/go/funderstatement>.

## **Normas Journal Plant Ecology**

### Instructions for Authors

#### PORTABLE PEER-REVIEW

To limit multiple reviews of the same manuscript and therefore to decrease the workload on the scientific reviewer community, Plant Ecology supports portable peer-review. If your manuscript has already been through peer-review and you feel that these reports would help our Editorial Board reach a final decision on your manuscript more quickly, we would welcome the submission of these documents as an attachment along with your cover letter. Previous reviews must be submitted as an unaltered copy of the original email received by you from the journal. Please discuss how you have responded to these previous reviewer's comments in your cover letter as a point-for-point list indicating the changes you have made to the submitted manuscript.

#### MANUSCRIPT SUBMISSION

##### Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

##### Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

##### Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

#### ARTICLE TYPES

Original Research manuscripts report the results of primary research investigations in plant ecology and have a maximum length of 6,000 words.

Short Communication manuscripts have a maximum length of 2,500 words and a total of no more than four tables plus figures. This manuscript type should have a clear focus on topical

issues in plant ecology, including pertaining to theory and methodology. Manuscripts reporting preliminary research results based on limited evidence will generally not be considered.

The Braun-Blanquet Reviews in Plant Ecology provide in-depth analyses of our current understanding for wide-ranging topics in plant ecology. Braun-Blanquet Reviews are written by authoritative workers in the subject area, and help researchers and students to identify new topics for fruitful research, and to more readily place their own research into current context. Manuscripts for consideration as a Braun-Blanquet Review are solicited by invitation and are also available via direct contribution, with prospective authors to seek agreement from the journal Reviews Editor concerning suitability of the proposed review prior to submission for consideration. Manuscripts may be up to 9000 words in length, including references (50% longer than the current research manuscripts word limit).

Review Articles are invited on any topic in plant ecology. Manuscripts will be handled by a dedicated reviews editor who may be approached for further advice concerning this submission type. In general, reviews should be no more than 6,000 words in length, but with prior agreement from the reviews editor, may be up to 9,000 words in length.

Letter to the Editor (maximum of 2,000 words) contributions provide the opportunity for readers to respond to recently published work in the journal where they believe that further discussion of a research result or position is warranted. These submissions will be sent to the authors of critiqued work for their comment and response, and will be reviewed also by an appropriate handling editor.

Editorial (normally a maximum of 2,000 words) – not available to other than the journal editorial team and guest editors. Editorials are not a refereed publication output.

Authors should include their final word count at the top of the manuscript when submitting. The word count should include title, abstract, keywords, body of the text, figures, and tables but excluding authors affiliations, references and on-line supplementary material. Manuscripts exceeding the word limit will be returned.

## TITLE PAGE

Title Page

The title page should include:

The name(s) of the author(s)

A concise and informative title

The affiliation(s) and address(es) of the author(s)

The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

## Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

## Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

## ADDITIONAL REMARK ABSTRACT

The abstract must not exceed 250 words and must include all of the following points:

- The explicit purpose of the study  
(clear aims and objectives)
- The location of the study
- A brief summary of the methodology  
used – including anything unusual
- Key results
- Main point/s of significance in terms  
of the field of plant ecology, including how it may be novel

## TEXT

### Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.

Use italics for emphasis.

Use the automatic page numbering function to number the pages.

Do not use field functions.

Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.

Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

Use the equation editor or MathType for equations.

Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

LaTeX macro package (zip, 182 kB)

### Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

### Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

### Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a

reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

#### Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

#### ADDITIONAL REMARK TEXT

Text – double spaced, and line numbered using continuous line numbers throughout

Figures – one per page at end of manuscript, with a separate List of Captions prior to the figures

Tables – one per page at end of manuscript (before Figures), captions included above each table

#### REFERENCES

##### Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).

This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).

This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

##### Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Order multi-author publications of the same first author alphabetically with respect to second, third, etc. author. Publications of exactly the same author(s) must be ordered chronologically.

##### Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect



of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med.* doi:10.1007/s001090000086

Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics.* Blackwell, London

Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb.

<http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

Dissertation

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure.* Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title

Word Abbreviations, see

ISSN LTWA

If you are unsure, please use the full journal title.

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

EndNote style (zip, 2 kB)

**TABLES**

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

## ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES

### Electronic Figure Submission

Supply all figures electronically.

Indicate what graphics program was used to create the artwork.

For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format.

Msoffice files are also acceptable.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

### Line Art

line-bw

Definition: Black and white graphic with no shading.

Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.

All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.

Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

### Halftone Art

halftone-gray-color

Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.

If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.

Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

### Combination Art

combined

Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.

Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

### Color Art

Color art is free of charge for online publication.

If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.

If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.

Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

#### Figure Lettering

To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).

Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).

Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.

Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

Do not include titles or captions within your illustrations.

#### Figure Numbering

All figures are to be numbered using Arabic numerals.

Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.

Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).

If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

#### Figure Captions

Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts.

Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.

Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type.

No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.

Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.

Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

#### Figure Placement and Size

Figures should be submitted separately from the text, if possible.

When preparing your figures, size figures to fit in the column width.

For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.

For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

#### Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

#### Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)

Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)

Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

#### ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

#### Submission

Supply all supplementary material in standard file formats.

Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.

To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

#### Audio, Video, and Animations

Aspect ratio: 16:9 or 4:3

Maximum file size: 25 GB

Minimum video duration: 1 sec

Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

#### Text and Presentations

Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.

A collection of figures may also be combined in a PDF file.

#### Spreadsheets

Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.

If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

#### Specialized Formats

Specialized format such as .pdb (chemical), .vrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

#### Collecting Multiple Files

It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

#### Numbering

If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.

Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.

Name the files consecutively, e.g. “ESM\_3.mpg”, “ESM\_4.pdf”.

#### Captions

For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

#### Processing of supplementary files

Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

#### Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material

Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

#### DOES SPRINGER PROVIDE ENGLISH LANGUAGE SUPPORT?

Manuscripts that are accepted for publication will be checked by our copyeditors for spelling and formal style. This may not be sufficient if English is not your native language and substantial editing would be required. In that case, you may want to have your manuscript edited by a native speaker prior to submission. A clear and concise language will help editors

and reviewers concentrate on the scientific content of your paper and thus smooth the peer review process.

The following editing service provides language editing for scientific articles in all areas

Springer

publishes in:

Edanz English editing for scientists

Use of an editing service is neither a requirement nor a guarantee of acceptance for publication.