

MAGDA OLIVEIRA MANGABEIRA FEITOZA

**VARIAÇÃO INTERANUAL DO COMPONENTE HERBÁCEO  
EM ÁREAS DE CAATINGA PRESERVADA E MANEJADA NO  
SERTÃO PERNAMBUCANO**

Recife - PE

2013

MAGDA OLIVEIRA MANGABEIRA FEITOZA

**VARIAÇÃO INTERANUAL DO COMPONENTE HERBÁCEO  
EM ÁREAS DE CAATINGA PRESERVADA E MANEJADA NO  
SERTÃO PERNAMBUCANO**

Trabalho de Tese apresentado ao Programa de Pós-graduação em Botânica, nível doutorado, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutora.

**ORIENTADORA:**

Dra. Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos

**CONSELHEIRAS:**

Dra. Elcida de Lima Araújo

Dra. Lúcia Helena Piedade Kiill

Recife - PE

2013

Varição interanual do componente herbáceo em áreas de caatinga preservada e manejada no sertão pernambucano

**Magda Oliveira Mangabeira Feitoza**

Tese defendida e aprovada em: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / 2013

Orientadora:

Pr<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos (Presidente)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

Examinadores:

Pr. Dr. Bráulio Almeida Santos (Titular)  
Universidade Federal da Paraíba

Pr<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cibele Cardoso Castro (Titular)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pr. Dr. Kleber Andrade da Silva (Titular)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pr<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Margareth Ferreira Sales (Titular)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pr<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ladivania Medeiros do Nascimento (Suplente)  
Prefeitura do Recife – Secretaria do Meio Ambiente

Pr. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque (Suplente)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

“Mas, buscai primeiro o reino de Deus, e a sua justiça, e todas estas coisas vos serão acrescentadas.”

Mateus 6:33

“Porque dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente.

Amém.”

Romanos 11:36

“Todas as coisas foram feitas por Ele, e sem Ele nada do que foi feito se fez.”

João 1:3

Ao Deus Eterno e Criador que, desde o dia em que a Ele me entreguei, mudou o meu caráter, a minha vida, a minha história.

---

DEDICO

Aos presentes que Ele deixou aos meus cuidados e que me ajudam a contemplar as vitórias além das dores da batalha, através da fé: *Edizael, Maira, Júlia, Eloah e Sofia.*

---

OFEREÇO

## AGRADECIMENTOS

A Deus mais uma vez eu agradeço, porque a minha alma não se cansa de louvar e bendizer o seu Santo nome. O meu espírito se alegra no meu Salvador, porque maravilhosos são os seus planos para minha vida.

A Edizael por todo amor, carinho, compreensão e amizade, pela felicidade de cada dia, e pelo reforço nas planilhas do Excel, que em tudo contribuíram para a realização deste trabalho.

A Maira, nosso primeiro presente, que com toda a doçura e sabedoria que só uma criança de Jesus pode ter, foi tantas vezes usada pelo Espírito Santo para me confortar e fortalecer.

A Júlia, nosso segundo presente, que com toda a segurança e sinceridade que só uma criança de Jesus pode ter, foi tantas vezes usada pelo Espírito Santo de Deus para me fazer ver além dos problemas.

A Eloah, nosso terceiro presente, que nos momentos mais turbulentos dessa etapa da vida, me fez sentir o quanto sou abençoada. Antes de ti havia alegria, paz, amor, zelo, doçura e quase tudo de belo e puro que o Senhor nos oferece. E, então, parecia que nada faltava. Porém chegaste, provando o que está escrito na Palavra Divina: “(...) As coisas que o olho não viu, e o ouvido não ouviu, E não subiram ao coração do homem, são as que Deus preparou para os que o amam.” (1 Co. 2:9).

A Sofia, nosso quarto presente (e, espero, o último do tipo) por me ajudar a entender que os planos de Deus são perfeitos. Pedi sabedoria, para cumprir com excelência mais esta etapa da minha vida, e Ele assim o fez.

Ao meu amado pai, Assis Mangabeira, pelos ensinamentos que me fizeram chegar até aqui e me farão ir muito mais longe.

A minha amada mãe Maria Matuzalém (Natuza) pelo apoio incondicional e pelo amor dedicado as netas. Minha vida seria muito mais difícil sem a senhora.

Aos meus pastores Emanuel e Izabel, André e Mércia, Luís Pedro e Solange e líderes Rosimary (Rose), José Alberto (Betinho) e Rosineide (Dedé) pela cobertura espiritual e pelo exemplo de vida, perseverança, sabedoria e fé. A Rose, em especial, por não ter desistido de me entregar o presente da Salvação, mesmo eu teimando em não receber. Por ter acreditado em “sua monitora” e por tê-la ajudado a seguir em frente e ir além.

A família Mangabeira Lima, Malba, Álvaro e a pequena luz: Malbinha Bianca pelo abrigo, por todo apoio prestado durante mais essa etapa da minha vida e pelos momentos lazer e descontração.

A Fábio Radir (quem disse que eu não tenho um filho?) pela presença em minha vida e por ter me ajudado a aprender a ser mãe.

As “super nannys” Silvana, Camila e Carla, e ao “superman” tio Chico pelo amor e cuidados dedicados as minhas filhas e pelas ajudas em tantas outras coisas mais.

A Marta, Allyson, Allyne e Flávio Assis (Cizinho) pelo respeito, consideração, afeto e carinho dados a mim e a minhas filhas.

As famílias Mangabeira e Barbosa de Santana, em Recife, ao meu primo e amigo Nedson e toda a sua família e aos Oliveira Araújo: Lázaro, Tereza, João Luís e Letícia pelo carinho dedicado e por fazerem parte da minha vida e felicidade.

Aos Feitozas pelo apoio e incentivo, em especial a minha discípula amada Edsângela, por ser “tia-mãe” em muitos momentos de apoio e por me ensinar a ensinar a aprender a ter Fé.

Aos meus irmãos em Cristo pelas orações e por compartilharem comigo a Fé no Salvador.

A Edna – nossa “Preta” – pelos cuidados dedicados a mim e a minha família, especialmente as minhas filhas.

A Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos pela orientação, pelos ensinamentos e pela dedicação oferecida. A Lúcia Helena Piedade Kiill por todo incentivo e apoio, pelo exemplo de dedicação ao trabalho e por ter incutido em mim o desejo de ser doutora em botânica. A Elcida de Lima Araújo pelos conselhos e críticas que em muito contribuíram para a realização deste trabalho. Estas são as mulheres usadas por Deus para trazer crescimento, maturidade e realização a minha vida acadêmica e profissional.

A Capes pela concessão da bolsa.

Ao Programa de Pós-graduação em Botânica pela oportunidade, em especial a secretária do programa, Kênia, e ao pessoal do LEVEN, por toda dedicação e disponibilidade em ajudar.

As minhas amigas Lucilene e Josiene por compartilharem comigo momentos em que os sentimentos afloraram e as amizades se consolidaram.

A Embrapa Semiárido por todo apoio logístico, em especial as funcionárias da biblioteca pela ajuda na captura dos trabalhos e ao pessoal da ECOTECA, sem os quais esse trabalho seria muito mais difícil.

Aos meus colegas de trabalho da Secretaria Municipal de Educação de Petrolina (SMEP) pela ajuda em muitos momentos, principalmente na tradução dos textos.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conquista de mais essa etapa da minha vida, meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
2.1. Influência das variações nos totais pluviométricos na estrutura da comunidade herbácea em ecossistemas de regiões áridas e semiáridas.....	17
2.2. Influência do sombreamento do dossel arbóreo na estrutura da comunidade herbácea em ecossistemas de regiões áridas e semiáridas.....	21
2.3. Influência do manejo da vegetação sobre a estrutura do componente herbáceo em ecossistemas de regiões áridas e semiáridas.....	24
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	26
<b>4. Capítulo 1 - Variações interanuais entre áreas preservada e antropogênica na assembleia de herbáceas na região semiárida do nordeste do Brasil</b> .....	33
Resumo.....	34
Introdução.....	35
Material e Métodos.....	37
Área de Estudo .....	37
Amostragem .....	38
Análise dos dados.....	39
Resultados .....	40
Discussão .....	49
Conclusões.....	53
Agradecimentos .....	53
Referências.....	54
<b>5. Capítulo 2 - O papel de árvores isoladas na composição e abundância de espécies herbáceas em ambiente semiárido</b> .....	59
Resumo.....	60
Introdução.....	61
Material e Métodos.....	63
Área de Estudo .....	63
Amostragem da vegetação herbácea.....	66
Análise de dados.....	68
Resultados .....	69
Riqueza e densidade de ervas versus habitat e sombreamento .....	69
Discussão.....	75
Agradecimentos .....	77
Referências .....	78
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	83
<b>7. ANEXOS</b> .....	84

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

<b>Tabela 1.</b> Distribuição mensal e anual da precipitação para a área de caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina – PE.....	38
<b>Tabela 2.</b> Parâmetros fitossociológicos gerais da vegetação herbácea ocorrente na área preservada e em regeneração do Campo Experimental da Embrapa semiárido, Petrolina –PE, para o período de 2 anos.....	41
<b>Tabela 3.</b> Parâmetros fitossociológicos das espécies herbáceas amostradas nas áreas preservada e manejada do Campo Experimental da Embrapa semiárido, Petrolina –PE, para o período de 2 anos.....	44
<b>Tabela 4.</b> Análise de Variância (ANOVA) de medidas repetidas comparando a densidade e a riqueza da assembleia de herbácea em áreas com diferente <i>status</i> de conservação (manejada e preservada) durante os anos de 2010 e 2011 na região semiárida do Nordeste do Brasil.....	46
<b>Tabela 5.</b> Variação na densidade média ( $\pm$ desvio padrão) entre as áreas manejada e preservada e entre os anos de 2010 e 2011 em uma área semiárida do Nordeste do Brasil. Matriz triangular com a significância pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).....	47
<b>Tabela 6.</b> Variação na riqueza média ( $\pm$ desvio padrão) entre as áreas manejada e preservada e entre os anos de 2010 e 2011 em uma área semiárida do Nordeste do Brasil. Matriz triangular com a significância pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).....	47
<b>Tabela 7.</b> Matriz triangular com a significância do teste t de Hutcheson ( $P < 0,05$ ) para os índices de diversidade de Shannon entre as áreas preservada e manejada e entre os anos de 2010 e 2011, em uma área semiárida no Nordeste do Brasil.....	48

### Capítulo 2

<b>Tabela 1.</b> Densidade absoluta ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ) das espécies herbáceas amostradas nas parcelas sombreadas e a pleno sol dos habitats BAG (Banco Ativo de Germoplama), jovem floresta e floresta madura da vegetação da caatinga.....	72
<b>Tabela 2.</b> Sumário da análise do Modelo Linear Generalizado (GLM) ANOVA aninhada para o efeito do habitat (floresta madura, floresta jovem e BAG) e do local (copa de umbuzeiro e sol) da área sobre a riqueza de espécies e densidade média de ervas em uma área de caatinga de Petrolina, Pernambuco.....	74
<b>Tabela 3.</b> Atributos estruturais da assembleia herbácea ocorrente nas parcelas sombreadas e não sombreadas no BAG, jovem floresta, floresta madura do Campo Experimental da Embrapa Semiárido, Petrolina – PE.....	74

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

- Figura 1.** Localização das áreas de estudo na Embrapa Semiárido, Petrolina – PE. Os retângulos em branco correspondem às parcelas de 10X40m da área manejada e os em amarelo as parcelas da área preservada. Quadrados azuis correspondem as sub-parcelas de 1X1m..... 39
- Figura 2.** Escalonamento multidimensional não métrico baseado no coeficiente de similaridade de espécies Bray–Curtis (entre áreas manejada e preservada nos anos de 2010 e 2011) na região semiárida do Nordeste do Brasil..... 42
- Figura 3.** Escalonamento multidimensional não métrico baseado no coeficiente de similaridade de espécies Bray–Curtis (entre os anos de 2010 e 2011 nas áreas manejada e preservada) na região semiárida do Nordeste do Brasil..... 43

### Capítulo 2

- Figura 1.** Localização dos indivíduos de *S. tuberosa* selecionados nas áreas de estudo, dentro do Campo Experimental da Caatinga, Embrapa Semiárido. Pontos vermelhos = BAG de umbuzeiro; pontos brancos = jovem floresta; pontos amarelos = floresta madura..... 66
- Figura 2.** Vista de um indivíduo isolado de *Spondias tuberosa* com o esquema de distribuição das parcelas de 1x1m. Quadrado preto = parcela do local a pleno sol; quadrado branco = parcela sombreada pela copa de *S. tuberosa*..... 67
- Figura 3.** Diferença na riqueza média normalizada de espécies herbáceas entre locais sombreados e não sombreados pela copa de *S. tuberosa* em três áreas com vegetação de caatinga, Petrolina-PE. Letras diferentes entre locais e entre habitats indicam diferença significativa pelo teste de Tukey HSD a 5%..... 70
- Figura 4.** Diferença na densidade média de indivíduos entre locais sombreados e não sombreados pela copa de *S. tuberosa* em três áreas com vegetação de caatinga, Petrolina-PE. Letras diferentes entre locais e entre habitats indicam diferença significativa pelo teste de Tukey HSD a 5%..... 71

Feitoza, Magda Oliveira Mangabeira. Dra. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 02/2013. Variação interanual do componente herbáceo em áreas de caatinga preservada e manejada no sertão pernambucano. Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos.

## RESUMO

Os impactos antrópicos são indicados na literatura como agentes causadores de mudanças na estrutura da vegetação, sobretudo em áreas secas. Na Caatinga, vegetação xerófila predominante do Semiárido brasileiro, poucos estudos abordam as interações que ocorrem entre os estratos da vegetação e destes com as mudanças ambientais, naturais ou antrópicas, que são determinantes nas respostas apresentadas pelos mesmos. Dessa forma, este trabalho foi desenvolvido na Caatinga do Campo Experimental da Embrapa Semiárido e foi dividido em dois capítulos, o primeiro que busca estudar as variações interanuais na composição e abundância da assembleia de herbáceas em áreas preservada e antropogênica, e o segundo que teve como objetivo avaliar o papel de árvores isoladas na diversidade e abundância das ervas. O levantamento florístico-estrutural do primeiro capítulo ocorreu durante a estação chuvosa (janeiro a maio), nos anos de 2010 e 2011, em dois locais com diferentes níveis de conservação da vegetação, denominadas de área preservada e área manejada. Em cada área foram demarcadas duas parcelas de 10x40m onde foram alocadas 50 sub-parcelas de 1x1m, totalizando 100 sub-parcelas amostrais em cada área, totalizando 200 sub-parcelas amostradas. Foram verificadas diferenças nos índices de diversidade pelo teste t de Hutcheson e a similaridade foi avaliada pelo método de Escalonamento multidimensional não-métrico baseado no coeficiente de Bray-Curtis. Para avaliar diferenças na densidade e na riqueza entre as áreas foi utilizada uma análise de variância para medidas repetidas (ANOVA). A significância na densidade e na riqueza média entre áreas e entre anos foram avaliadas pelo teste de Tukey. Os resultados demonstram ocorrer elevada similaridade florística entre as áreas, mas a análise de ordenação verificou diferenças e correlação significativa entre as áreas. Entre os anos, as análises mostraram diferenças e correlação significativa apenas na área manejada. A análise de variância mostrou que o *status* de conservação das áreas explica as variações na riqueza nos dois anos. O teste de Tukey detectou diferenças significativas nos valores de riqueza média entre áreas, mas entre anos, independente da variação nos totais de chuva, os valores não variaram significativamente. A diversidade diferiu significativamente entre áreas e entre anos, sendo maior na área manejada. O estudo do segundo capítulo foi realizado na estação chuvosa de 2011. Para o mesmo foram selecionados 15 indivíduos da espécie arbórea *Spondias tuberosa* Arruda, distribuídos em três habitats do campo

experimental, sendo cinco indivíduos no de floresta jovem, cinco no de floresta madura e cinco no Banco Ativo de Germoplasma de *Spondias tuberosa*. Em cada habitat foram escolhidos dois locais, um abaixo da copa de *S. tuberosa* (sombreamento) e o outro a pleno sol. Em cada local foram alocadas três parcelas de 1x1m. No total foram demarcadas 90 parcelas, 30 em cada habitat, sendo 15 parcelas sombreadas e 15 parcelas não sombreadas. Diferenças nos atributos estruturais da assembleia de herbácea entre as áreas e entre as condições de sombreamento de cada área foram verificadas pelo teste de riqueza média normalizada no Modelo Linear Generalizado (GLM) ANOVA aninhada. Diferenças na densidade e na riqueza médias foram verificadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As parcelas sob incidência direta de luz solar no BAG e na floresta madura apresentaram riqueza significativamente menor. Na floresta jovem não houve diferença significativa entre as condições de sombreamento. Os maiores valores de densidade foram registrados no BAG e nas parcelas a pleno sol. Os resultados deste estudo demonstram que o manejo da área contribuiu para mudanças na composição, mas as variações dos totais pluviométricos entre anos não exerceram influência na riqueza e nos tamanhos das populações de herbáceas e que a manutenção de árvores isoladas influenciou positivamente a riqueza média de espécies, mas o estabelecimento de espécies herbáceas é favorecido em áreas exposta a luz do sol.

**Palavras-chave:** Semiárido; regeneração natural; ervas; manejo; relações ecológicas.

Feitoza, Magda Oliveira Mangabeira. Dra. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 02/2013. Variação interanual do componente herbáceo em áreas de caatinga preservada e manejada no sertão pernambucano. Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos.

### ABSTRACT

The human impacts are indicated in the literature as causative agents of change in vegetation structure, especially in dry areas. Caatinga, xerophytic vegetation predominant Brazilian semiarid, few studies of the interactions that occur between layers of vegetation and with these environmental changes, natural or manmade, that are determining the replies submitted by them. Thus, this study was conducted at the Experimental Field Caatinga Embrapa Semiárido and was divided into two chapters, the first seeking to study the interannual variations in the composition and abundance of herbaceous assembly areas preserved and anthropogenic, and second that aimed assess the role of isolated trees in diversity and abundance of herbs. The floristic-structural first chapter occurred during the rainy season (January-May), in the years 2010 and 2011 at two locations with different levels of conservation of vegetation, called the preserved and managed area. In each area were demarcated two 10x40m plots were allocated where 50 sub-plots of 1x1m, totaling 100 sub-sample plots in each area, totaling 200 sub-plots sampled. Differences were observed in the indices of diversity by Hutcheson's t test and the similarity was evaluated by a non-metric multidimensional scaling based on Bray-Curtis coefficient. To assess differences in density and richness between areas was used an analysis of variance for repeated measures (ANOVA). The significance of density and average wealth between areas and between years were assessed by the Tukey test. The results show high floristic similarity occur between areas, but the ordination analysis found differences and significant correlation between areas. Between years, differences and analyzes showed a significant correlation only in the managed area. Analysis of variance showed that the conservation status of the areas explains the variations in wealth in both years. The Tukey test detected significant differences in the values of average wealth between areas, but between years, regardless of the variation in total rainfall, the values did not vary significantly. The diversity differed significantly between areas and between years, being higher in the managed area. The study was conducted in the second chapter in the rainy season of 2011. For the same 15 individuals were selected tree species *Spondias tuberosa* Arruda, distributed in three habitats of the experimental field, with five individuals in the young forest, mature forest five in and five in the Active Germplasm Bank of *S. tuberosa*. In each habitat were chosen two locations, one below the canopy of *S.*

*tuberosa* (shading) and the other in full sun. At each site were allocated three plots of 1x1m. In total 90 plots were demarcated, 30 in each habitat, with 15 plots shaded and unshaded 15 plots. Differences in structural attributes of the assembly of herbaceous between areas and between shade conditions of each area were verified by standardized test average wealth in Generalized Linear Model (GLM) ANOVA nested. Differences in density and richness averages were verified by Tukey test ( $p < 0.05$ ). The plots under direct incidence of sunlight on BAG and mature forest showed significantly lower wealth. In young forest no significant difference between the shading conditions. The highest density values were recorded in the plots BAG and full sun. The results of this study demonstrate that the management of the area contributed to changes in the composition, but the variations in total rainfall between years did not influence the wealth and size of the populations of herbaceous and that the maintenance of isolated trees positively influenced species richness values but the establishment of herbaceous species is favored in areas exposed to sunlight.

**Keywords:** Semiarid; natural regeneration; herbs; management; ecological relationships.

## 1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas áridos e semiáridos ocupam cerca de 20% do globo terrestre e ocorrem em grande parte do continente Africano, Sulamericano, Australiano, na Índia, no Sudeste Asiático e nas regiões temperadas da América do Norte (JELTSCH et al., 2000; TEWS et al., 2006). Essa ampla distribuição é acompanhada de diferentes condições climáticas, com precipitação média anual que varia de menos de 100 mm, nas áreas mais secas, a pouco mais de 1000mm, e de mudanças edáficas e topográficas, as quais tornam único o conjunto de processos que envolvem a dinâmica de espécies nesses ambientes (JELTSCH et al., 2000), bem como as características fisionômicas e estruturais da vegetação desses ecossistemas. Liu et al. (2012) consideram a quantidade de precipitação como o fator de maior influência em áreas semiáridas, afetando a dinâmica de espécies anuais e perenes.

A cobertura do dossel do estrato lenhoso, em áreas semiáridas, é apontada na literatura como outro importante fator natural, por desempenhar, geralmente, impacto favorável nas condições microambientais, na diversidade, na fenologia e na produtividade das ervas (GROUZIS e AKPO, 1997). No entanto, muitos estudos relatam que a competição entre as árvores e dessas com os demais componentes da vegetação, sobretudo as ervas, está correlacionada com as variações nas condições ambientais, sendo um fato que deve ser considerado na elaboração de modelos e práticas de gestão para tais ambientes (BELSKY, 1990; VAN LANGEVELDE et al., 2003; VAN der WAAL, 2009; SILVA et al., 2013).

Alterações na estrutura da vegetação de ambientes secos também podem ser resultantes dos diferentes impactos induzidos pelo homem (VAN LANGEVELDE et al., 2003; SANKARAN et al., 2004; JELTSCH et al., 2000), com destaque para a frequência das queimadas, o pastejo de animais e o desmatamento (AKPO, 1998; TEWS et al., 2006) por estarem entre os mais comumente registrados.

Dentro do cenário de ecossistemas semiáridos está a Caatinga, que representa a maior parte das matas secas existentes no Brasil e caracteriza-se por apresentar diversidade de microhabitats com condições edáficas, climáticas e topográficas semelhantes as demais florestas secas do mundo. Sabe-se que na Caatinga a riqueza de espécies herbáceas é bem superior à das espécies lenhosas (ARAÚJO et al., 2002; ARAÚJO, 2003; FEITOZA, 2004; PESSOA et al., 2004; ARAÚJO et al., 2005; ARAÚJO et al., 2007; COSTA et al., 2009; SILVA et al., 2009; MENDES E CASTRO, 2010; SOUZA E RODAL, 2010; SILVA et al., 2013a), mas poucos estudos abordam as interações que ocorrem entre os distintos componentes da vegetação e destes com os fatores ambientais que são determinantes nas

respostas apresentadas pelos mesmos (PEREIRA et al., 2008; SILVA et al., 2009; LOPES et al., 2012; SILVA et al., 2013b).

Tomando como referência o panorama atual dos estudos sobre vegetação herbácea da Caatinga e em outras regiões semiáridas, nesse trabalho desenvolvido em área de caatinga do sertão pernambucano, procurou-se avaliar as seguintes questões a respeito do tema: 1) a variação interanual dos totais de chuva influencia na composição e no tamanho das populações da assembleia de herbáceas da Caatinga, como é apontado na literatura para outras áreas semiáridas (NIPPERT et al., 2006; MATESANZ et al., 2009; BROOKER et al., 2012; LIU et al., 2012) e para áreas de Caatinga do agreste de Pernambuco (REIS et al., 2006); 2) o impacto antrópico do tipo manejo da vegetação (corte seletivo das plantas) induz variações florísticos-estruturais nas ervas, como já verificado para as áreas semiáridas que sofreram impactos do tipo queimadas (SANKARAN et al. 2005; VAN LANGEVELD et al., 2003), desmatamento (GROUZIS et al., 1991; ARAÚJO-FILHO et al., 2002) e pastagem (ALBUQUERQUE et al. 2003); 3) o sombreamento, conferido pela copa de árvores isoladas deixadas na paisagem, exerce efeito positivo para o desenvolvimento de plantas herbáceas da Caatinga por fornecerem condições microambientais diferenciadas dos trechos abertos de entorno? É mostrado na literatura que os diferentes microhabitats podem favorecer o aparecimento de determinadas espécies herbáceas da Caatinga (FEITOZA, 2004; ARAÚJO et al., 2005; REIS et al., 2006).

Com base nas questões mencionadas objetivou-se neste estudo realizar uma caracterização florístico-estrutural da assembleia de herbáceas em áreas de Caatinga preservada e manejada durante dois anos consecutivos e relacioná-las com as variações nos totais pluviométricos, bem como avaliar a interação deste componente com uma espécie arbórea nativa, *Spondias tuberosa* Arruda, a fim de obter informações que auxiliem na compreensão de processos ecológicos que envolvem as espécies herbáceas em condição natural e de perturbação antrópica. Com esse intuito foram elaborados dois manuscritos: o primeiro intitula-se “Variações interanuais entre áreas preservada e antropogênica na assembleia de herbáceas da Caatinga na região semiárida do nordeste do Brasil” e o segundo versa sobre o “O papel de árvores isoladas na composição e abundância de espécies herbáceas em áreas manejadas e preservada em ambientes semiáridos”.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Influência das variações dos totais pluviométricos na estrutura da comunidade herbácea em ecossistemas de regiões áridas e semiáridas**

Em ecossistemas ocorrentes em regiões de clima árido e semiárido, os fatores ambientais têm o potencial para limitar o recrutamento de plântulas, com implicações na diversidade e na densidade das populações, exercendo influência sobre o tamanho das populações vegetais (IACONA et al., 2010). Em áreas constantemente submetidas a estresses físicos ou sujeitas a perturbações extrínsecas irregulares, o tamanho da população tende a ser influenciado principalmente por fatores físicos (ODUM, 1988). Para Tews et al. (2006), as interações entre vegetação e fatores ambientais são dinâmicas e podem ser ao mesmo tempo positivas e negativas a depender do componente e do tipo de fator considerado. Entre os fatores ambientais que afetam a diversidade e a densidade das populações de herbáceas citados na literatura, a variação nos totais pluviométricos é apontada como fator que, direta ou indiretamente, mais influencia a estrutura deste componente (VAN LANGEVELD, 2003; SILVA, 2009; BROOKER et al., 2012).

As mudanças climáticas, sejam elas naturais ou inerentes às atividades humanas, provavelmente levam a alterações na quantidade e na distribuição da precipitação, modificando a dinâmica do clima e mudando o meio (SCHOLES e ARCHER, 1997; TEWS e JELTSCH, 2004). Isto pode implicar em consequências importantes para as plantas, pois a disponibilidade de água é um dos parâmetros mais importante que rege os processos da história de vida das espécies devido à forte ligação entre a chuva e importantes fases da vida como emergência e sobrevivência de adultos (TEWS et al., 2006).

Estudos de longo prazo sobre o impacto das variações das condições climáticas entre anos na dinâmica e na estrutura da comunidade vegetal em áreas de pradaria em ambiente semiárido (MATESANZ et al., 2009; BROOKER et al., 2012) apontam que as variações interanuais de precipitação e de temperatura desempenham um papel importante na dinâmica das ervas, sendo o primeiro fator o principal responsável pelas mudanças na dinâmica das espécies de ciclo de vida anual e na estrutura da comunidade herbácea, afetando as interações entre espécies anuais e perenes.

Em estudo com herbáceas numa área de pradaria, no Kansas, Nippert et al. (2006) verificaram que durante a estação chuvosa a variação dos índices de umidade do solo não foram significativamente correlacionados com a produtividade das ervas quando consideraram apenas a média de toda a estação de crescimento. No entanto, ao considerarem

as variações mensais, a relação entre produtividade e variabilidade foi significativa, com tendências geralmente positivas para os meses mais chuvosos, mas com tendências negativas durante o final da estação chuvosa.

Liu et al. (2012) realizaram um estudo sobre a influência das variações na quantidade e na distribuição da precipitação na produtividade de duas espécies herbáceas de diferente formas de vida na região semiárida da Mongólia e observaram a relação linear entre a biomassa das ervas e a quantidade de precipitação. Com o aumento da quantidade de precipitação, a biomassa total de ambas as espécies aumentou significativamente. No entanto, quando houve um intervalo maior entre as chuvas a espécie hemicriptófita *Leymus chinensis* reduziu a produção de biomassa enquanto a caméfito *Stipa grandis* não foi afetada. Com isso os autores concluíram que para *L. chinensis* a forma de vida é mais importante do que a quantidade de precipitação, sendo esta espécie mais sensível às variações no regime de precipitação.

Em estudo feito na Noruega, o tamanho de populações de espécies simpátricas (*Drosera anglica* Huds. e *Drosera rotundifolia* L. - Droseraceae) variaram em resposta a condições climáticas desfavoráveis (NORDBAKKEN et al., 2004). Nos meses mais chuvosos, as populações apresentaram alta densidade e, nos meses desfavoráveis, o tamanho das populações diminuiu. Em consequência, nos meses subsequentes também sofreram declínio devido ao baixo número de indivíduos férteis nas populações, mas voltaram a se recuperar após novo período favorável, com alta taxa de precipitação. Com isso, os autores concluíram que anos com condições climáticas desfavoráveis são importantes para a regulação no tamanho da população das espécies estudadas, por ocorrer diminuição da mesma.

Peters (2002), estudando a composição e as relações de dominância do componente vegetacional de um ecótono entre uma área de pastagem e uma mata no Novo México, observou mudanças na estrutura da vegetação em decorrência do aumento da pluviosidade local e concluiu que a disponibilidade espacial e temporal da água no solo é um fator-chave nas interações entre ervas, árvores e arbustos.

De fato, as alterações nos totais pluviométricos afetam com maior significância as relações inter e intraespecíficas das populações próprias de comunidades inseridas em ecossistemas de regiões áridas e semiáridas, sujeitos a baixos índices pluviométricos e concentrados em poucos meses, o que torna a estação de crescimento relativamente curta (BADANO et al., 2005). Isto ocorre porque, nestes ambientes, a fertilidade do solo e a composição das espécies estão diretamente relacionadas a este fator e uma diminuição brusca

nos totais pluviométricos de determinadas áreas de altas temperaturas e baixa umidade relativa pode provocar até mesmo a extinção das populações de espécies menos resistentes (AKPO, 1998; TEWS e JELTSCH, 2004; SWEMMER et al., 2007).

A Caatinga, vegetação predominante no semiárido do Nordeste brasileiro, possui características edafoclimáticas específicas como clima, relevo, geologia e geomorfologia. Estas características, quando associadas às interações bióticas que nela ocorrem, resultam na heterogeneidade de tipos fisionômicos descritos na literatura (SAMPAIO et al., 1996; ARAÚJO FILHO e CRISPIM, 2002) e que encontram-se, atualmente, em diferentes estádios de sucessão secundária, possivelmente, como consequência do manejo inadequado (NOVELY, 1982; ARAÚJO FILHO et al., 2002). Em determinadas áreas da Caatinga são crescentes os índices de devastação e degradação dos recursos naturais, provocando risco de desertificação devido à degradação da cobertura vegetal e do solo (PEREIRA, 2000).

A rica e diversificada flora vegetal desse ecossistema é, atualmente, melhor conhecida, pois a diferença que existia entre o conhecimento florístico e fitossociológico do componente herbáceo em relação ao lenhoso começa a diminuir pela crescente quantidade de estudos voltados ao conhecimento do primeiro estrato (ARAÚJO FILHO et al., 2002; ARAÚJO, 2003; FEITOZA, 2004; PESSOA et al., 2004; ARAÚJO et al., 2005; MARACAJÁ e BENEVIDES, 2006; REIS et al., 2006; ARAÚJO et al., 2007; COSTA et al., 2007; SIZENANDO FILHO et al., 2007; FEITOZA et al., 2008; SILVA et al., 2008; SILVA, 2009; SILVA et al., 2009). Porém, observa-se ainda carência de informações sobre dinâmica de populações, processos de sucessão ecológica, regeneração natural e efeitos das variações sazonais, sobretudo tratando-se da flora herbácea.

Alguns estudos tiveram enfoque no conhecimento das interações e dos processos que envolvem as herbáceas como as variações na dinâmica populacional devido à quantidade e irregularidade dos totais pluviométricos (REIS et al., 2006; LIMA et al., 2007; SANTOS et al., 2007; SANTOS et al., 2009; SILVA, 2009). A sazonalidade climática e o regime de distribuição das chuvas são os fatores com maior influência na dinâmica e na estrutura de populações e comunidades herbáceas nos diversos tipos vegetacionais da Caatinga (ANDRADE et al., 2007; LIMA et al., 2007; FEITOZA et al., 2008; SILVA et al., 2008; SILVA, 2009; LIMA, 2011). Conforme observado nestes estudos, natalidade, mortalidade, estabelecimento, crescimento, densidade e diversidade de plantas sofrem a influência das condições ambientais do sítio no qual a comunidade vegetal está inserida e as constantes variações do regime climático em ambientes de Caatinga provocam mudanças que afetam a estrutura e moldam as relações entre as ervas e os demais componentes vegetacionais. A

variação das condições hídricas, que pode ser causada pelo regime irregular de distribuição das chuvas ou pela sua disponibilidade no solo, pode ocasionar modificações fisionômicas no estrato herbáceo em áreas de Caatinga.

Essa influência não só afeta a estrutura das populações como induz a criação de estratégias de ajuste e favorece a adaptação de algumas espécies sob determinadas condições de déficit hídrico. Reis et al. (2006), em um estudo sobre variações na estrutura de populações herbáceas entre anos, observaram que as ervas adotavam uma estratégia de ajuste ao déficit hídrico reduzindo o diâmetro do caule e a altura em anos mais secos e que as variações de precipitação entre anos causavam redução severa no tamanho de suas populações, podendo levar ao desaparecimento local de algumas espécies.

A distribuição e a dinâmica das populações de herbáceas, independente da forma de vida, também sofrem forte influência seletiva provocada pela heterogeneidade temporal, que pode ser atenuada pela heterogeneidade espacial, que reduz o estresse provocado pela irregularidade na distribuição das chuvas. A heterogeneidade temporal e a espacial juntas podem deslocar temporalmente os períodos de oferta do recurso floral e de recrutamento das herbáceas, bem como influenciar a riqueza e a composição do banco de sementes (REIS et al., 2006; LIMA, 2007; LIMA et al., 2007; SILVA, 2009).

Estudando a dinâmica populacional de *Panicum trichoides* Swart. (Poaceae), em diferentes condições de microhabitats, Andrade et al. (2007) verificaram a influência da variação sazonal. No período chuvoso, foi registrada elevada taxa de natalidade contrastando com a intensa mortalidade no período seco, independente do microhabitat.

Numa pastagem nativa de Caatinga, em Petrolina, PE, a precipitação alterou a frequência de 29 entre as 31 espécies herbáceas avaliadas (ALBUQUERQUE et al., 2003). Apenas as espécies caméfitas como a pteridófita *Selaginella convoluta* (Arn.) Spring (Selaginellaceae) e a Malvaceae, *Herissantia crispa* (L.) Brizicky não tiveram a sua frequência influenciada pela precipitação. Os autores consideraram a precipitação como o fator mais importante na dinâmica das populações herbáceas na área estudada. Da mesma forma, áreas com diferentes idades e condições de regeneração sofrem igualmente a influência da precipitação na composição de espécies e na densidade de suas populações vegetais (SIZENANDO FILHO et al., 2007).

Silva et al. (2013) estudaram a variação da composição do banco de sementes de uma área de Caatinga em uma série temporal de três anos e observaram que a riqueza e a densidade foram significativamente afetadas pelas variações no total de precipitação entre os anos e que existem grupos de espécies que respondem de maneiras diferentes as variações

sazonais e anuais na precipitação. Este fato reforça a hipótese levantada por Araújo et al. (2005) e Reis et al. (2006) sobre a existência de grupos específicos de herbáceas permanentes ou que flutuam ao longo do tempo na Caatinga. Neste estudo, os autores também observaram que as chuvas ocasionais durante a estação seca induzem a germinação no período em que há poucas chances de sobrevivência das plântulas, ocasionando altas taxas de mortalidade antes da fase reprodutiva, o que prejudica a produção de sementes necessária para reabastecer o banco de sementes. Os autores também apontam à necessidade de se considerar a precipitação de anos anteriores aos anos de estudo, já que esta pode influenciar a produção de frutos e sementes e, conseqüentemente, a densidade do banco de sementes, afetando a dinâmica das espécies.

Assim, como observa Silva (2009) o conhecimento e, principalmente, o entendimento das interações entre os fatores ambientais e o componente herbáceo e das relações ecológicas entre este estrato e os demais componentes da vegetação na Caatinga talvez possa explicar as variações no tamanho das populações durante as estações climáticas. Por ser o mais diversificado e dinâmico componente vegetacional deste ecossistema, a compreensão dos fatores e mecanismos que direcionam essas relações pode elucidar questões sobre os padrões que mantêm o equilíbrio nas comunidades vegetais dos seus diversos tipos fisionômicos.

## **2.2. Influência do sombreamento do dossel arbóreo na estrutura da comunidade herbácea em ecossistemas de regiões áridas e semiáridas**

Em áreas semiáridas, e a depender da intensidade, o sombreamento arbóreo parece provocar alterações das condições microclimáticas abaixo de sua copa, promovendo a redução da evaporação e o aumento da umidade e da fertilidade do solo. Essas condições são extremamente favoráveis para o desenvolvimento das ervas no que diz respeito a sua riqueza, produção de matéria seca, teor de nutrientes e extensão do ciclo de vida (AKPO, 1992; AKPO, 1998; BELSKY, 1992; FULLER, 1999). A senescência precoce de ervas em ambientes menos sombreados, observada por Fuller (1999), no leste de Zâmbia, confirma a hipótese de que, em ambientes de baixa umidade, o sombreamento das árvores pode reduzir o estresse de umidade no solo e prolongar o ciclo de vida das espécies do componente herbáceo.

Grouzis et al. (1991) afirmaram que nas estepes do Senegal, ecossistemas que sofrem seca persistente, as condições ambientais desfavoráveis são agravadas pela crescente ação antrópica e que nesses ambientes o sombreamento das espécies arbóreas desempenha um papel crucial não somente na distribuição, riqueza e produção do estrato herbáceo mas oferece

também condições microclimáticas que ajudam no estabelecimento e na regeneração de plantas lenhosas.

Na região semiárida do Sahel, Senegal, os efeitos da cobertura arbórea na fitomassa aérea e subterrânea do estrato herbáceo foram estudados por Grouzis e Akpo (1997). Os resultados desse estudo mostraram que a fitomassa herbácea aérea foi de 1,5 a 4 vezes maior e a produção de raízes herbáceas foi de cerca de duas vezes maior sob a copa do que a sol aberto. Esse aumento da produtividade na camada herbácea foi interpretado como resultado de melhores condições climáticas e de maior fertilidade do solo nas zonas de sombreamento oferecido pela copa das árvores.

Trabalhos realizados em zonas semiáridas no norte do Senegal demonstram que a cobertura do dossel arbóreo confere melhores condições microclimáticas e de nutrientes do solo, reduzindo a radiação solar total e a radiação absorvível (PAR), interceptando-a pela folhagem da árvore ou refletindo-a para a atmosfera (AKPO, 1992; AKPO, 1998; GROUZIS e AKPO, 1997). Nesses trabalhos, a produção do estrato herbáceo na área sombreada foi de 1,5 a 4 vezes superior à da área aberta, dependendo do ano.

Akpo e Grouzis (1995), estudando a composição química de ervas sob o sombreamento do dossel arbóreo, no Senegal, verificaram que as ervas sob a cobertura apresentavam níveis mais elevados de minerais. Este efeito positivo da cobertura do dossel arbóreo na produção do estrato herbáceo é geralmente associado com savanas abertas, onde a densidade de árvores é baixa, e com zonas mais áridas onde a água é o principal fator limitante na produção primária (GROUZIS e AKPO, 1997).

Belsky (1992) estudou os efeitos da cobertura do dossel de duas espécies arbóreas no conteúdo total, nas concentrações de nutrientes e na palatabilidade de gramíneas e concluiu que o sombreamento das árvores ajuda a aumentar os teores de nutrientes das ervas. O aumento da produção do estrato herbáceo sob as copas de árvores pode ser também devido a uma resposta adaptativa de algumas espécies herbáceas sob condições de dossel. Grouzis et al. (1991) demonstraram que gramíneas em áreas sombreadas apresentaram características ecofisiológicas específicas, como por exemplo, boa condutância estomática foliar e elevado potencial hídrico. Todas essas respostas foram relacionadas à capacidade de otimização na utilização da luz de menor intensidade.

Riginos et al. (2009) realizaram um estudo examinando os efeitos das árvores sobre gramíneas em duas escalas espaciais: na escala individual e na escala da paisagem, onde foram quantificadas a biomassa das ervas, a composição de espécies e a concentração de nutrientes em uma área de savana em Laikipia, no Quênia. Eles concluíram que árvores

isoladas podem ter efeitos positivos nas concentrações de nutrientes e no aumento da biomassa das populações das ervas locais.

Feitoza (2004), em observações feitas com herbáceas em dois tipos de microhabitats em uma área de Caatinga, na Bahia, mostrou que a fisionomia variava de acordo com as condições do meio, e que o sombreamento das plantas lenhosas provocou alterações na composição florística e na estrutura das populações de herbáceas. Nos trechos não sombreados foi observada a presença de um manto herbáceo seco, que aparentava possuir importante papel ecológico na manutenção da biodiversidade vegetal em anos de baixa pluviosidade, favorecendo a germinação e a sobrevivência de plântulas arbóreas e de novos indivíduos herbáceos na próxima estação favorável em trechos mais expostos à luz solar.

Neste mesmo sentido, Araújo et al. (2005) realizaram um levantamento florístico-quantitativo do componente herbáceo em microhabitats plano, ciliar e rochoso em área de Caatinga em Caruaru - PE, visando identificar espécies preferenciais de determinadas condições dos habitats e avaliar a influência da inclusão de microhabitats diversificados na fitodiversidade herbácea. Os autores concluíram que, nas áreas ciliares, o sombreamento provocado pelas demais ervas e plântulas de espécies arbóreas tornavam o hábitat mais competitivo por luz. Em outros estudos de dinâmica de populações herbáceas na mesma área, o tamanho das populações variou entre espécie e entre microhabitats e observou-se que a heterogeneidade espacial pode favorecer o recrutamento e o estabelecimento de plantas por amenizar os efeitos da sazonalidade climática (ANDRADE et al., 2007; SILVA et al., 2008; SANTOS et al., 2009; SILVA, 2009). Para esses autores, a inclusão de microhabitats diversificados na amostragem, além de favorecer o conhecimento da flora local, torna-se importante para o entendimento da distribuição geográfica das espécies.

Diferentemente do conjunto de trabalhos revisados anteriormente, que tratam do efeito positivo das interações, alguns estudos apontam que as árvores têm um impacto negativo no estrato herbáceo em termos de diversidade e biomassa produzida (KESSLER e BREMAM, 1991; KATER et al., 1992; KESSLER, 1992; MORDELET e MENAUT, 1995). Em sistemas com deficiência hídrica espécies arbóreas e herbáceas tendem a interagir negativamente competindo por recursos (KESSLER e BREMAM, 1991). Em geral esses trabalhos foram desenvolvidos em laboratório e apresentam revisões enfatizando o efeito negativo dessas interações.

Em experimentos de campo Belay e Moe (2012) estudaram o efeito das interações entre espécies vegetais em uma área invadida por espécies arbóreas na região semiárida da Etiópia e concluíram que a competição por recursos entre árvores e ervas afeta a estrutura da

comunidade, com impacto negativo para as ervas nativas, que podem até desaparecer da paisagem local. Isto porque, segundo os autores, em ambientes semiáridos, a competição pelos mesmos recursos, como água, tende a ser mais intensa, resultando na mortalidade das espécies mais sensíveis a escassez deste recurso.

Em 2013 Jankju estudou a influência do sombreamento de quatro espécies arbustivas na dinâmica de uma espécie herbácea perene numa zona de transição entre regiões de clima temperado e árido, no Irã e observou que a intensidade luminosa e a temperatura do ar foram menores sob a copa dos arbustos, elevando a umidade do solo. Estes fatores facilitaram o estabelecimento das ervas sob a copa das espécies arbustivas em condições de estresse hídrico moderado, mas este efeito positivo não persistiu quando houve um aumento no nível de stress hídrico, devido à competição entre arbustos e ervas.

Para Maestre e Cortina (2012) estudos sobre a dinâmica de facilitação e competição em áreas com diferentes graus de perturbação e entre anos são importantes para o conhecimento dos mecanismos que regem essas interações e ajudam a melhorar a nossa capacidade de prever os impactos causados pelas atividades antrópicas.

### **2.3. Influência do manejo da vegetação sobre a estrutura do componente herbáceo em ecossistemas de regiões áridas e semiáridas**

A intervenção humana, tanto no intuito de recuperação como na utilização dos recursos naturais, como a introdução de espécies herbáceas com potencial para pastejo e a retirada de madeira para comercialização de carvão vegetal, podem provocar mudanças na estrutura da vegetação, implicando em impactos negativos sobre a biodiversidade (TEWS et al., 2004).

Para Jeltsch et al. (2000), as práticas de uso da terra podem afetar a dinâmica populacional e de cobertura arbustiva. Esta mudança na estrutura da vegetação implica num impacto negativo sobre a biodiversidade devido à importância das árvores que são fundamentais para muitas plantas e espécies animais em ambientes secos pelas condições climáticas favoráveis que o sombreamento de sua copa oferece. A sombra projetada pelas copas das árvores é, muitas vezes, o lugar preferencial de recrutamento para outras plantas. Além disso, a diminuição das densidades de espécies arbóreas implicaria em efeito cascata para outras espécies que, por sua vez, delas dependem (TEWS et al., 2006). Assim, embora o corte de árvores promova aumentos temporários na produtividade das ervas, reduzindo a interação competitiva, é provável que um desmatamento de grande proporção anule esse

efeito positivo de maneira tal que a produtividade seja comprometida pelo elevado nível de estresse hídrico e competição por nutrientes entre as ervas (SCHOLES e WALKER, 1993; FULLER, 1999).

Santos (2010) considerou as características da dinâmica da regeneração natural das populações de herbáceas da Caatinga e o papel das variações climáticas na elaboração de ações voltadas à recuperação de áreas modificadas e/ou degradadas por atividades humanas. A autora, ao caracterizar a composição florística e a estrutura fitossociológica de uma comunidade herbácea em processo de regeneração natural, em anos consecutivos, numa área de cultivo abandonado em Caruaru – PE verificou que em anos sem diferenças de totais pluviométricos outros fatores ambientais como disponibilidade de recursos no solo e condições de estabelecimento podem influenciar a estrutura da comunidade herbácea, induzindo variações de densidade e, conseqüentemente do grau de cobertura e das propriedades do solo.

A atuação conjunta de fatores bióticos e abióticos, como o atual modelo de uso do solo em áreas de difícil recuperação, vem provocando alterações na estrutura da vegetação, tanto a nível populacional quanto ao nível de paisagem e a depender da forma, do tipo de uso e da intensidade do fator essas alterações podem ser mais ou menos agravadas. Araújo Filho et al. (2002) compararam diferentes práticas de manipulação da vegetação lenhosa da Caatinga sobre a produção e composição botânica de gramíneas utilizadas como forragem em Ouricuri - PE, e concluíram que a disponibilidade total e a compartimentalização da fitomassa da parte aérea da Caatinga foram afetadas pelos métodos de manipulação da vegetação lenhosa. Os autores observaram ainda, que os tratamentos de manipulação aumentaram substancialmente a participação das gramíneas na composição da fitomassa herbácea e que, tanto a fitomassa total como seus componentes foram altamente sensíveis às flutuações anuais da pluviosidade.

Estudando a influência do componente herbáceo no recrutamento e estabelecimento de plântulas lenhosas em áreas de Caatinga com diferentes graus de conservação (antropizada e preservada), Lima (2011) observou que, na área antropizada, houve mais nascimentos e mortes nas parcelas sem herbáceas e que a relação entre a densidade de herbáceas e a densidade de regenerantes lenhosos foi significativa nas duas áreas e concluiu que as ervas atuavam no recrutamento, na mortalidade e na sobrevivência das plântulas lenhosas como competidoras na área antropizada e facilitadoras na área preservada. A autora observou ainda, que plântulas nascidas no início da estação chuvosa apresentaram maior chance de sobrevivência, principalmente na área antropizada.

Alguns ecossistemas secos do mundo todo passam por marcante aumento da densidade e cobertura de espécies lenhosas, enquanto outros sofrem queda na densidade arbórea, como respostas geralmente das diferentes formas de manejo da vegetação. Assim sendo, as tentativas de prever e minimizar as consequências do manejo nos ecossistemas semiáridos dependem da compreensão acerca das escalas que o mesmo acontece, se individual, local ou em escala geográfica (RIGINOS et al., 2009).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKPO, L.E. **Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. Les déterminants écologiques.** Thèse (Doctorat de 3<sup>o</sup> Cycle de Biologie Végétale) - Université Cheikh Anta Diop Dacar. Paris: TDM, ORSTOM, 1992.

AKPO, L.E. **Effet de l'arbre sur la vegetation herbacée dans quelques phytocénoses au senegal. Variation selon un gradient climatique.** Thèse (Doctorat en Sciences Naturelles, Ecologie) - Université Cheikh Anta Diop Dacar. Paris: TDM, ORSTOM, 1998.

AKPO, L.E. GROUZIS, M. L'arbre et l'herbe au Sahel: effets de l'arbre sur la composition chimique des pâturages naturels du Nord-Senegal (Afrique de l'Ouest). **Revue Méd. Vét.**, v. 146, n. 10, p. 663-670, 1995.

ALBUQUERQUE, S.G. de; SOARES, J.G.G.; GUIMARÃES FILHO, C.; OLIVEIRA, M.C. Dinâmica do estrato herbáceo de uma vegetação de caatinga do Sertão de Pernambuco sob intensidade de uso por caprinos. In: **Anais da 40<sup>a</sup> reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Santa Maria, RS, 2003.

ANDRADE, J.R.; SANTOS, J.M.F.F.; LIMA, E.N.; LOPES, C.G.R.; SILVA, K.A.; ARAÚJO, E.L. 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.

JANKJU, M. Role of nurse shrubs in restoration of an arid rangeland: Effects of microclimate on grass establishment. **Journal of Arid Environments**, v. 89, p. 103-109, 2013.

ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C.; GARCIA, R.; SOUSA, R.A. Efeitos da manipulação da vegetação lenhosa sobre a produção e compartimentalização da fitomassa

pastável de uma Caatinga sucessional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.11-19, 2002.

ARAÚJO FILHO, J.A.; CRISPIM, S.M. A. Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de caatinga no Nordeste do Brasil. In: **Conferência Virtual Global sobre Produção Orgânica de Bovinos de Corte**. University of Contestado - UnC - Concordia Unit - Concordia - SC - Brazil, Embrapa Pantanal - Corumbá - MS - Brazil, p. 1-7, 2002.

ARAÚJO, E.L. Diversidade de herbáceas na vegetação da Caatinga. In: M.A.G. JARDIM; M.N.C. BASTOS; J.U.M. SANTOS (Org.) **Desafios da Botânica brasileira no novo milênio: inventário, sistematização e conservação da diversidade vegetal**. v. 1. Belém: Sociedade Brasileira de Botânica, p. 82-84, 2003.

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.

ARAÚJO, E.L.; SILVA, K.A.; FERRAZ, E.M.N.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SILVA, S.I. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de Caatinga, Caruaru- PE. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 285-294, 2005.

BADANO, E.I.; CAVIERES, L.A.; MOLINA-MONTENEGRO, M.A.; QUIROZ, C.L. Slope aspect influences plant association patterns in the Mediterranean matorral of Central Chile. **Journal of Arid Environments**, v. 62, p. 93-108, 2005.

BELAY, T.A.; MOE, S.R. Woody dominance in a semi-arid savanna rangeland e Evidence for competitiveself-thinning. **Acta Oecologica**, v. 45, p. 98-105, 2012.

BELSKY, A.J. Effects of trees on nutritional quality of understory gramineous forage in tropical savannas. **Tropical Grasslands**, v. 26, p.12-20, 1992.

BROOKER, R.W.; MATESANZ, S.; VALLADARES, F.; KLOTZ, S. Long-term spatial pattern change in a semi-arid plant community: The role of climate and composition. **Acta Oecologica**, v. 45, p. 8-15, 2012.

COSTA, R.C.; ARAÚJO, F.S.; LIMA-VERDE, L.W. Flora and life-form spectrum in an area of deciduous thorn woodland (Caatinga) in northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 68, n. 3, p. 237-247, 2007.

- FEITOZA, M.O.M. **Diversidade e caracterização fitossociológica do componente herbáceo em áreas de Caatinga do nordeste do Brasil.** Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004.
- FEITOZA, M.O.M.; ARAÚJO, E.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; KILL, L.H.P. Fitossociologia e danos foliares ocorrentes na comunidade herbácea de uma área de Caatinga em Petrolina, PE. In: A.N. MOURA; E.L. ARAÚJO; U.P. ALBUQUERQUE (Org.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos.** v. 1. Recife: Comunigraf, p. 11-38, 2008.
- FULLER, D.O. Canopy phenology of some mopane and miombo woodlands in eastern Zambia. **Global Ecology and Biogeography**, v. 8, p. 199-209, 1999.
- GROUZIS, M.; AKPO, L.E. Influence of tree cover on herbaceous above- and below-ground phytomass in the Sahelian zone of Senegal. **Journal of Arid Environments**, v. 35, p.285-296, 1997.
- GROUZIS, M.; NIZINSKI, J.; FOURNIER, C. **L'arbre et l'herbe du Sahel.** Poster, IV<sup>e</sup> Congrès International des Terres de Parcours, Montpellier, France, 1991.
- IACONA, G.D.; KIRKMAN, K.L.; BRUNA, E.M. Effects of resource availability on seedling recruitment in a fire-maintained savanna. **Oecologia**, v. 163, p. 171-180, 2010.
- JANKJU, M. Role of nurse shrubs in restoration of an arid rangeland: Effects of microclimate on grass establishment. **Journal of Arid Environments**, v. 89, p. 103-109, 2013.
- JELTSCH, F., WEBER, G.E.; GRIMM, V. Ecological buffering mechanisms in savannas: a unifying theory of long-term treegrass coexistence. **Plant Ecology**, v. 161, p.161–171, 2000.
- KATER, L.J.M., KANTE, S. & BUDELMAN, A. Karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) associated with crops in South Mali. **Agroforestry Systems**, v. 18, p. 89-106, 1992.
- KESSLER, J.J. The influence of Karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) trees on sorghum production in Burkina Faso. **Agroforestry Systems**, v. 1, p. 97-118, 1992.
- KESSLER J.J.; BREMAN, H. The potential of agroforestry to increase primary production in the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. **Agroforestry Systems**, v. 13, p. 41-62, 1991.

LIMA, E.N. **Influência da sazonalidade na fenologia e na dinâmica populacional de quatro espécies herbáceas de uma área de Caatinga, em Pernambuco, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

LIMA, E.N. **Influência do componente herbáceo da caatinga na regeneração natural de plantas lenhosas em uma área de vegetação preservada e uma área de agricultura abandonada.** Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2011.

LIMA, E.N.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SILVA, K.A.; PIMENTEL, R.M.M. Fenologia e dinâmica de duas populações herbáceas da Caatinga. **Revista de Geografia**, v. 24, p. 124-141, 2007.

LIU, Y.; PAN, Q.; ZHENG, S.; BAI, Y.; HAN, X. Intra-seasonal precipitation amount and pattern differentially affect primary production of two dominant species of Inner Mongolia grassland. **Acta Oecologica**, v. 44, p. 2-10, 2012.

MAESTRE, F.T.; CORTINA, J. Spatial patterns of surface soil properties and vegetation in a Mediterranean semi-arid steppe. **Plant and Soil**, v. 241, p. 279-291, 2002.

MARACAJÁ, P.B.; BENEVIDES, D.S. Estudo da flora herbácea da Caatinga no município de Caraúbas no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2006.

MATESANZ, S.; BROOKER, R.W.; VALLADARES, F.; KLOTZ, S. Temporal dynamics of marginal steppic vegetation over a 26-year period of substantial environmental change. **Journal of Vegetation Science**, v. 20, p. 299-310, 2009.

MORDELET, P.; MENAUT, J.C. Influence of trees on aboveground production dynamics of grasses in a humid savanna. **Journal of Vegetation Science**, v. 6, p. 223-228, 1995.

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.

NORDBAKKEN, J.F.; RYDGREN, K.; OKLAND, R.H. Demography and population dynamics of *Drosera anglica* and *D. rotundifolia*. **Journal of Ecology**, v. 92, p. 110-121, 2004.

NOVELY, P.E. Aspectos do efeito do superpastoreio na produção e manejo de pastagem nativa no Nordeste do Brasil. In: **Anais da II Semana Brasileira de Caprinos**, Sobral, CE, p. 7-18, 1982.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 434p. 1988.

PEREIRA, I.M. **Levantamento florístico do estrato arbustivo–arbóreo e análise da estrutura fitossociológica de ecossistema de Caatinga sob diferentes níveis de antropismo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, 2000.

PESSOA, L.M.; RODAL, M.J.N.; SILVA, A.C.B.L.E.; COSTA, K.C.C. Levantamento da flora herbácea em um trecho de Caatinga, RPPN Maurício Dantas, Pernambuco. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 18, n. 1, p. 27-53, 2004.

PETERS, D.P.C. Plant species dominance at a grassland-shrubland ecotone: an individual-based gap dynamics model of herbaceous and species woody. **Ecological Modeling**, v. 152, p. 5-32, 2002.

REIS, A.M.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N.; MOURA, A.N. Inter-annual variations in the floristic and population structure of an herbaceous community of “Caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p. 497-508, 2006.

RIGINOS, C.; GRACE, J.B.; AUGUSTINE, D.J.; YOUNG, T.P. Local versus landscape-scale effects of savanna trees on grasses. **Journal of Ecology**, v. 97, n. 6, p. 1337-1345, 2009.

SAMPAIO, E.V.S.B.; MAYO, S.J.; BARBOSA, M.R.U. **Pesquisa Botânica Nordestina: Progresso e Perspectivas**. Recife: SSB/ Seção Regional de Pernambuco. 1996.

SANKARAN, M.; RATNAM, J.; HANAN, N. P. Tree grass coexistence in savannas revisited – insights from an examination of assumptions and mechanisms invoked in existing models. **Ecology Letters**, v. 7, p. 480-490, 2004.

SANTOS, J.M.F.F. **Diversidade e abundância inter-anual no componente herbáceo da caatinga: paralelos entre uma área preservada e uma área antropizada em regeneração natural**. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

SANTOS, J.M.F.F.; ANDRADE, J.R.; LIMA, E.N.; SILVA, K.A.; ARAÚJO, E.L. Dinâmica populacional de uma espécie herbácea em uma área de floresta tropical seca no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 855-857, 2007.

SANTOS, J.M.F.F.; SILVA, K.A.; LIMA, E.N.; SANTOS, M.S.; PIMENTEL, R.M.M.; ARAÚJO, E.L. Dinâmica de duas populações herbáceas de uma área de caatinga, Pernambuco, Brasil. **Revista de Geografia**, v. 26, p. 142-160, 2009.

- SCHOLES, R.J.; ARCHER, S.R. Tree-grass interactions in savannas. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 28, p. 517-544, 1997.
- SCHOLES, R.J.; WALKER, B.H. **An African savanna: Synthesis of the Nylsvley study**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1993.
- SILVA, K.A. **Banco de sementes (lenhosas e herbáceas) e dinâmica de quatro populações herbáceas em uma área de Caatinga em Pernambuco**. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.
- SILVA, K.A.; LIMA, E.M.; SANTOS, J.M.F.F.; ANDRADE, J.R.; SANTOS, D.M.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L. Dinâmica de gramíneas em uma área de Caatinga de Pernambuco-Brasil. In: A.N. MOURA; E.L. ARAÚJO; U.P. ALBUQUERQUE (Org.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Recife: Comunigraf, v. 1, p. 105-129, 2008.
- SILVA, K.A.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N. Estudo florístico do componente herbáceo e relação com solos em áreas de caatinga do embasamento cristalino e bacia sedimentar, Petrolândia, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 1, p. 100-110, 2009.
- SILVA, K.A.; SANTOS, D.M.; SANTOS, J.M.F.F.; ALBUQUERQUE, U.P.; FERRAZ, E.M.N.; ARAÚJO, E.L. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. **Acta Oecologica**, v. 46, p. 25-32, 2013.
- SILVA, K.A., SANTOS, J.M.F.F., SANTOS, D.M., FERRAZ, E.M.N., ARAÚJO, E.L. Spatial variation in the structure and composition of the herbaceous community in a semiarid region of northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 1, 2013.
- SIZENANDO FILHO, F.A.; MARACAJÁ, P.B.; DINIZ FILHO, E.T.; FREITAS, R.A.C. Estudo florístico e fitossociológico da flora herbácea do município de Messias Targino, RN/PB. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 2, 2007.
- SWEMMER, A.M.; KNAPP, A.K.; SNYMAN, H.A. Intra-seasonal precipitation patterns and above-ground productivity in three perennial grasslands. **Journal of Ecology**, v. 95, p. 780-788, 2007.
- TEWS, J.; JELTSCH, F. Modelling the impact of climate change on woody plant population dynamics in South African savanna. **Ecology**, v. 4, p. 17, 2004.

TEWS, J., SCHURR, F., JELTSCH, F. Seed dispersal by cattle may cause shrub encroachment of *Grewia flava* on southern Kalahari rangelands. **Applied Vegetation Science**, v. 7, p. 89-102, 2004.

TEWS, J.; ESTHER, A.; MILTON, S. J.; JELTSCH, F. Linking a population model with an ecosystem model: Assessing the impact of land use and climate change on savanna shrub cover dynamics. **Ecological Modelling**, v. 195, p. 219-228, 2006.

VAN LANGEVELDE, F.; VAN DE VIJVER, C.A.D.M.; KUMAR, L.; VAN DE KOPPEL, J.; RIDDER, N. de; VAN ANDEL, J.; SKIDMORE, A.K.; HEARNE, J.W.; STROOSNIJDER, L.; BOND, W.J.; PRINS, H.H.T.; RIETKERK, M. Effects of fire and herbivory on the stability of savanna ecosystems. **Ecology**, v. 84, n. 2, p. 337-350, 2003.

#### 4. CAPÍTULO 1

##### **Variações interanuais entre áreas preservada e antropogênica na assembleia de herbáceas na região semiárida do Nordeste do Brasil**

Magda O. M. Feitoza<sup>a\*</sup>, Elcida de L. Araújo<sup>a</sup>, Lúcia H. P. Kiill<sup>b</sup>, Elba M<sup>a</sup> N. Ferraz<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Laboratório de Ecologia Vegetal dos Ecossistemas Naturais (LEVEN), Departamento de Biologia, Área de Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 52.171-900, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil

<sup>b</sup>Embrapa Semiárido, 56.302-970, BR 428, Km 152, Zona Rural - Caixa Postal 23, Petrolina, PE - Brasil

<sup>c</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), 50.740-540, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil

<sup>a\*</sup> Autor para correspondência. E-mail: mmfeitoza@hotmail.com

A ser enviado ao periódico Forest Ecology and Management

## Variações interanuais entre áreas preservada e antropogênica na assembleia de herbáceas na região semiárida do Nordeste do Brasil

Magda O. M. Feitoza<sup>a\*</sup>, Elcida de L. Araújo<sup>a</sup>, Lúcia H. P. Kiill<sup>b</sup>, Elba M<sup>a</sup> N. Ferraz<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Biologia, Área de Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52.171-900, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil

<sup>b</sup> Embrapa Semiárido, 56.302-970, BR 428, Km 152, Zona Rural - Caixa Postal 23, Petrolina, PE - Brasil

<sup>c</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), 50.740-540, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil

\* Autor para correspondência. E-mail: mmfeitoza@hotmail.com

### RESUMO

Objetivou-se realizar uma caracterização florístico-estrutural da assembleia de herbáceas ocorrente em áreas preservada e manejada do semiárido brasileiro, durante dois anos consecutivos (2010/2011) e testar se o manejo da vegetação e as variações nos totais de chuva contribuem para modificar a dinâmica das herbáceas desse ambiente. Em cada área foram plotadas duas parcelas de 10X40m e no interior de cada uma foram alocadas 50 sub-parcelas de 1X1m, interespaçadas em 1m, totalizando em cada área 100 sub-parcelas. Em cada sub-parcela foram contadas e identificadas todas as plantas herbáceas vivas. O componente herbáceo foi representado por 35 espécies, 30 gêneros e 21 famílias na área manejada e por 26 espécies, 24 gêneros e 19 famílias na área preservada. As famílias de maior riqueza de espécies nas duas áreas foram Poaceae e Malvaceae. As espécies de maior densidade na área manejada foram: *Selaginella convoluta*; *Phyllanthus niruri*; *Spermacoce verticillata*; *Neoglaziovia variegata* e *Panicum trichoides* e na área preservada, além das três primeiras, teve elevada densidade *Cyperus aristatus*. A análise de ordenação (NMDS) mostrou haver diferenças na composição florística entre as áreas manejada e preservada. Estas diferenças em similaridade também foram evidenciadas para a área manejada entre anos (2010 e 2011). Entretanto na condição de área preservada não houve diferença na similaridade entre os anos estudados. A análise de variância para medidas repetidas (ANOVA) indicou que o *status* de conservação das áreas (manejada e preservada) não explica as variações na densidade, mas explica as variações na riqueza nos dois anos. No nível populacional os totais de chuva registrados a cada ano (429,0mm em 2010 e 626,4mm em 2011) exerceram influência positiva na densidade de algumas espécies e negativa de outras. A composição florística da área manejada, depois de três anos em processo de regeneração, apresenta-se mais rica em espécies que a área preservada, o que evidencia a influência do *status* da vegetação na composição e estrutura populacional das espécies herbáceas da Caatinga.

**Palavras-chave:** Caatinga; ervas; manejo; regeneração natural.

## 1. Introdução

As alterações na estrutura da vegetação de ambientes secos são, geralmente, resultantes dos diferentes fatores de perturbação (Van Langevelde et al., 2003; Sankaran et al., 2004; Jeltsch et al., 2000). O total de precipitação, além dos impactos induzidos pelo homem, tais como a frequência de queimadas, o pastejo de animais e o desmatamento são indicados na literatura como fatores que causam mudanças na estrutura da vegetação em áreas secas (Akpo, 1998; Tews et al., 2006).

Estudos de vegetação em diferentes ecossistemas do mundo, geralmente buscam compreendê-la em suas partes, como forma de entender detalhadamente os distintos componentes da vegetação e suas respostas às condições ambientais. Na região semiárida do Brasil, por exemplo, os estudos na vegetação da Caatinga eram centrados, principalmente no conhecimento do componente lenhoso (ver panorama geral em Albuquerque et al., 2012), e somente na última década teve início sobre o componente herbáceo (Araújo et al., 2002; Pessoa et al., 2004; Reis et al., 2006; Sizenando et al., 2007; Silva et al., 2008; Feitoza et al., 2008; Silva et al., 2009; Santos, 2010).

Mesmo recente, as pesquisas sobre plantas herbáceas dessa floresta tropical seca, denominada de Caatinga, apontam que: a) o componente herbáceo é bem diversificado e apresenta mudanças em composição e na sua estrutura entre anos (Araújo et al., 2002; Reis et al., 2006); b) o nascimento das plantas ocorre concentrado na estação chuvosa, ou durante a estação seca se ocorrerem chuvas erráticas (Barbosa, 1996; Santos et al., 2007); c) a mortalidade é concentrada na estação seca, principalmente porque são terófitas a maioria das espécies herbáceas da caatinga (Santos et al., 2007); d) a presença de microhabitats diferenciados atenuam a gravidade da estação seca e aumentam a sobrevivência dos indivíduos de determinadas populações (Araújo et al., 2005; Araújo et al., 2007).

Muitos dos trabalhos realizados com o componente herbáceo em outras regiões semiáridas, a exemplo, das savanas africanas, geralmente tratam da interação deste componente com os demais presentes na vegetação local e com os fatores ambientais (Scholes et al., 1997; Jeltsch et al., 2000; Tews e Jeltsch 2004; Sankaran et al. 2005; Tews et al., 2006; Riginos et al., 2009). De um modo geral esses estudos sugerem que as ervas comportam-se, nessas relações erva-árvore-arbusto, como competidoras ou facilitadoras, a depender da condição ambiental e do tipo de interação considerado.

Apesar do avanço do conhecimento sobre a dinâmica das plantas herbáceas da Caatinga, várias questões perduram e requerem um esforço maior de pesquisas para

responder. Assim, é preciso saber, por exemplo, quais são as espécies herbáceas que melhor se expressam em composição e em estrutura nos anos mais chuvosos e menos chuvosos na região das Caatingas? Se os totais de chuva e a distribuição das mesmas é um fator chave na dinâmica das herbáceas da Caatinga? Se o tamanho das densidades populacionais e a riqueza são maiores em caatingas com melhor *status* de conservação ou em áreas com diferentes tipos de manejo (desde áreas abertas até em fase de regeneração)? Ou será que existem grupos florísticos diferenciados de espécies e de tamanhos populacionais diferentes em cada situação, principalmente em relação às diferentes fisionomias de Caatinga, aos distintos graus de perturbação sofridos pelas áreas e aos diferentes tipos de solo. São questões que permitem entender regionalmente como esse componente da vegetação se comporta, bem como permite relacioná-lo aos padrões que são registrados para herbáceas de outras regiões semiáridas do mundo.

Para contribuir com questões dessa natureza, sobre a vegetação das caatingas, o presente trabalho teve como objetivo descrever a composição de espécies e famílias e a estrutura populacional das plantas herbáceas ocorrentes em uma área manejada e uma preservada de Caatinga, localizada no sertão de Pernambuco, durante o período de dois anos consecutivos.

O manejo da vegetação ocorreu três anos antes do presente estudo e consistiu em um raleamento da vegetação, através de corte raso dos trechos, mas com permanência na paisagem das espécies arbóreas protegidas por lei e algumas de elevada importância econômica na região. Dessa forma, busca-se com esse trabalho responder as seguintes perguntas:

1. Houve variação entre anos na composição e estrutura das assembleias de herbáceas?
2. Se existem variações desses parâmetros, estas podem ser explicadas pelos diferentes totais de chuvas entre os anos? ou são decorrentes dos diferentes *status* de conservação da vegetação (preservada/manejada)?
3. A riqueza de espécies e a diversidade registradas nas áreas manejada e preservada são diferentes entre áreas e entre anos? e estão dentro da média registrada para caatingas com semelhantes condições?
4. As populações de maior densidade em cada condição são as mesmas e seguem a tendência do que é registrado para áreas preservadas e antropogênicas da Caatinga?

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma área de Caatinga do sertão pernambucano, no Campo Experimental da Caatinga, pertencente à Embrapa Semiárido (latitude 9°9'S, longitude 40°22'W e altitude 365,5 m), localizada no município de Petrolina (Figura 1). Essa área foi destinada para realização do projeto Manejo florestal no bioma Caatinga, que conta com a participação de organizações governamentais e não-governamentais, integrantes da Rede de Manejo Florestal da Caatinga (RMFC).

Para atender aos objetivos do projeto de Manejo, em novembro de 2007 a área sofreu corte raso, em alguns trechos, porém permaneceram na paisagem as espécies protegidas por lei (*Myracrodruon urundeuva* (Allemão) Engl. e *Schinopsis brasiliensis* Engler) (IBAMA, 1994) e as de reconhecido potencial econômico na região semiárida brasileira (*Spondias tuberosa* Arruda e *Cereus jamacaru* DC.). Desde 2007 a área encontra-se em processo de regeneração natural e não mais ocorreu o manejo da mesma.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSw<sup>h</sup>, correspondendo a um clima semiárido. A temperatura varia de 18,2°C a 34,0°C, sendo as médias anuais acima de 24,0°C. A região apresenta precipitação média anual de 549mm (conforme média temporal de 40 anos), com período chuvoso concentrado entre os meses de janeiro a abril, com 70% do total anual; alta insolação no período mais seco do ano, entre os meses de agosto a novembro, com valor médio de 8,6 horas dia<sup>-1</sup> e média de evaporação de 2.683 mm.ano<sup>-1</sup> (Teixeira, 2010). O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plúntico, textura média/argilosa (Burgos e Cavalcanti, 1990).

Para caracterizar a distribuição das chuvas na área de estudo foram obtidos dados das médias mensais e anuais de precipitação da área, para o período de estudo (2010 e 2011) e para o ano anterior (2009). Estes dados foram disponibilizados pela Embrapa Semiárido e são provenientes da Estação Agrometeorológica da Caatinga, que está localizada na área de estudo. Entre os dois anos de estudo, o de 2011 foi o mais chuvoso, com 626,4 mm/ano e o de 2010 o menos chuvoso, com 429,0 mm/ano (Tabela 1). Os valores de precipitação da área estão fora da média histórica anual descrita por Teixeira (2010) para a região, que é de 549mm, ou seja, 2011 foi um ano que choveu acima da média e 2010 abaixo da mesma .

**Tabela 1**

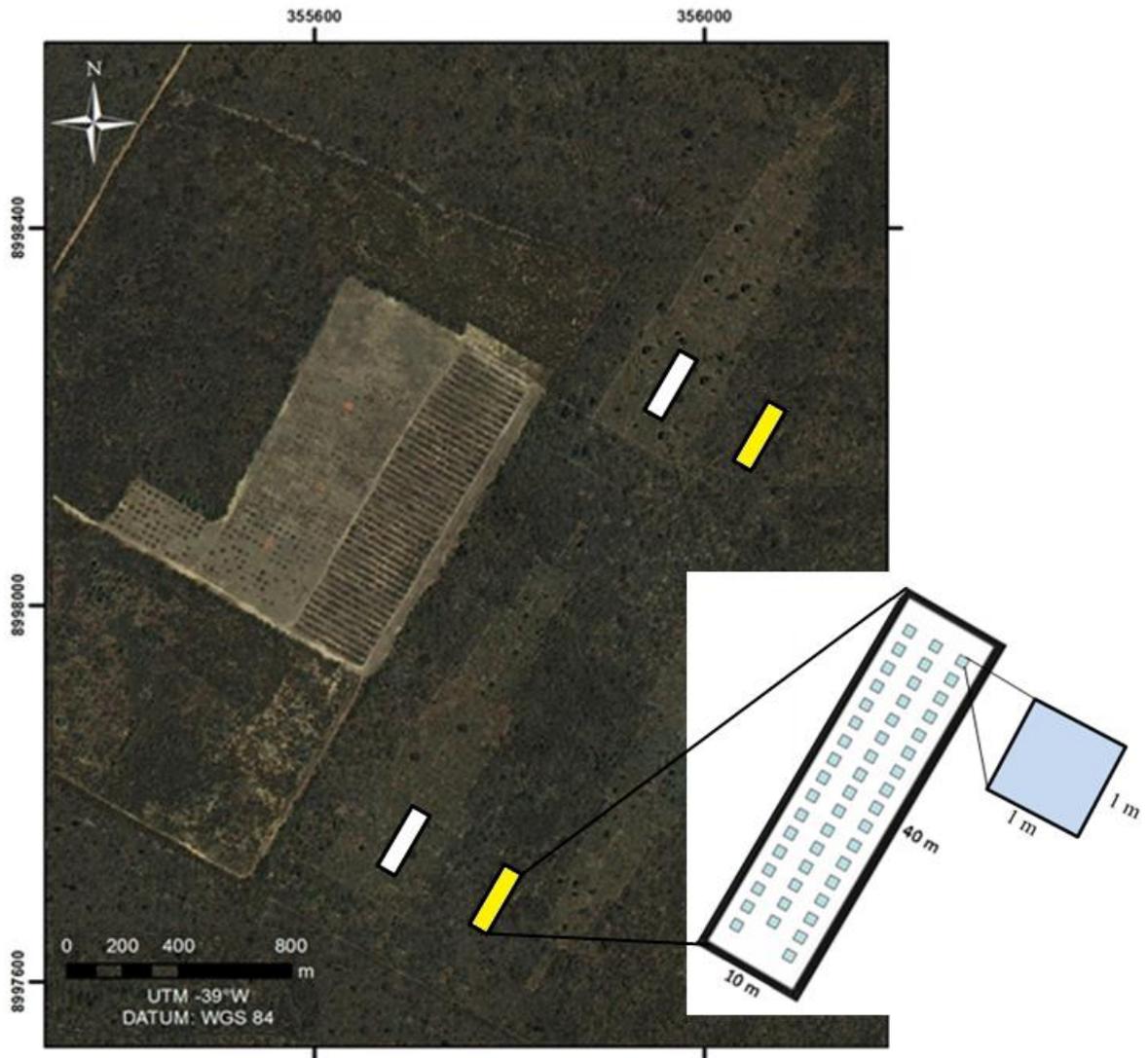
Distribuição mensal e anual da precipitação para a área de caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina – PE.

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
<b>2009</b>	54,5	218,6	117,5	90,3	80,2	28,2	0	0	0	115,1	0	77,7	<b>782,1</b>
<b>2010</b>	20,6	49,2	125,6	63,8	12,8	24,7	19,1	0	7,5	44,8	0	60,9	<b>429,0</b>
<b>2011</b>	69,3	97,6	75,2	157,1	80	1,5	0	20,4	0	13,1	63,8	48,4	<b>626,4</b>

## 2.2. Amostragem

A amostragem da vegetação ocorreu dentro da área do Campo Experimental da Embrapa Semiárido em duas condições distintas de conservação da vegetação, como, a saber: em condição de área preservada, que corresponde à parte da vegetação que não sofreu manejo e é mantida preservada a mais de 50 anos; e em condição de área manejada, que corresponde à parte da área que sofreu raleamento da vegetação em 2007, conforme descrito na caracterização da área de estudo. No presente trabalho estas serão denominadas de área preservada e área manejada. Em cada área foram demarcadas duas parcelas de 10x40m (Fig. 1). Na parte central de cada parcela de 10x40m foram alocadas 50 sub-parcelas de 1x1m distribuídas em três fileiras, totalizando 100 sub-parcelas amostrais em cada área e 200 subparcelas nas duas áreas (preservada e manejada). A distância das sub-parcelas na mesma fileira e entre fileiras foi de 1m. O período de estudo ocorreu em 2010 e 2011, na estação chuvosa (janeiro a maio), quando o componente herbáceo torna-se visível e concentra sua dinâmica regenerativa.

No interior das sub-parcelas todas as ervas vivas foram identificadas e contadas para cálculos da densidade e frequência da comunidade e das populações. Esse procedimento foi repetido nos dois anos consecutivos para as duas áreas. Mensalmente foram realizadas visitas à área de estudo para coleta de material reprodutivo das espécies que não estavam floridas durante a primeira amostragem. Foi definida como erva toda planta com caule verde e com ausência ou baixo nível de lignificação (Reis et al., 2006). Também foram incluídas na amostragem as trepadeiras e algumas espécies de Bromeliaceae com porte subarbustivo.



**Fig. 1.** Localização das áreas de estudo na Embrapa Semiárido, Petrolina – PE. Os retângulos em branco correspondem às parcelas de 10X40m da área manejada e os em amarelo as parcelas da área preservada. Quadrados azuis correspondem as sub-parcelas de 1X1m.

### 2.3. Análise dos dados

Para identificação taxonômica foi coletado material reprodutivo de todas as espécies presentes nas unidades amostrais. O material botânico coletado foi herborizado, segundo as técnicas usuais de preparação, secagem e montagem de exsicatas. A identificação foi realizada por comparações com material depositado no Herbário do Trópico Semiárido (HTSA) e por meio do auxílio de chaves taxonômicas e de bibliografia especializada. Material com identificação problemática ou duvidosa foi enviado a especialistas do grupo. Foi adotado para classificação das espécies o sistema “Angiosperm Phylogeny Group” – APG III,

seguindo a base nomenclatural do Missouri Botanical Garden/W3tropicos (2013). A coleção das duas áreas foi incorporada ao acervo do Herbário Trópico Semiárido (HTSA).

A caracterização florística de cada área, entre anos (2010/2011) e entre áreas (preservada/manejada) foi realizada por meio do registro da presença/ausência das espécies nos levantamentos quantitativos. Foi calculada a similaridade florística entre anos para a mesma área, entre áreas no mesmo ano e entre áreas para a composição florística total, ou seja, independente do ano, utilizando-se o índice de Sørensen (Krebs, 1989). Para família foi avaliada a riqueza de espécies presentes em cada área e a cada ano.

Na análise fitossociológica foram considerados os parâmetros de densidade e frequência da comunidade e das populações de cada área. Essa análise ocorreu para os dois anos consecutivos. Também foi calculado para cada ano o índice de diversidade de Shannon e a equabilidade. Os cálculos foram realizados utilizando o pacote FITOPAC (Shepherd, 1995). Diferenças nos índices de diversidade de Shannon entre áreas (preservada e manejada) e entre anos (2010 e 2011) foram verificadas pelo teste t de Hutcheson ( $P < 0.05$ ) (Zar, 1996).

Para verificar diferenças na composição entre as áreas manejada (100 parcelas) e preservada (100 parcelas) e entre os anos de 2010 e 2011 foi feita uma análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) e o teste de análise de similaridade (ANOSIM) usando o programa Primer-E versão 6.0. Para o ANOSIM foi utilizado o índice de similaridade de Bray-Curtis. Os dados de densidade das espécies foram transformados em raiz quadrada e normalizado a fim de evitar qualquer viés resultante de espécies de elevada densidade (Clarke e Gorley, 2005).

Para avaliar se a densidade e a riqueza diferiram entre as áreas manejada e preservada nos anos de 2010 e 2011, foi utilizada uma análise de variância (ANOVA,  $p < 0,05$ ) para medidas repetidas. A ANOVA para medidas repetidas foi utilizada devido ao efeito do tempo, onde se considerou os anos de 2010 e 2011 como medidas repetidas, para avaliar o efeito da precipitação e do *status* sobre a riqueza e a densidade de ervas. Diferenças na densidade e na riqueza médias entre áreas (manejada e preservada) e na precipitação entre anos (2010 e 2011) foram verificadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As análises foram realizadas pelo programa Statistica 7.0.

### **3. Resultados**

A área manejada teve riqueza total de 35 espécies, 30 gêneros e 21 famílias, e para os anos de 2010 e 2011 foram de respectivamente 28 e 27 espécies, 25 e 24 gêneros e 17 e 19

famílias. A área preservada teve um total de 26 espécies, 24 gêneros e 19 famílias e nos anos de 2010 e 2011 foram de respectivamente, 21 e 24 espécies, 20 e 22 gêneros e 17 e 18 famílias (Tabela 2). A similaridade florística, pelo índice de Sørensen, entre as áreas foi bastante alta a cada ano (0,85 em 2010 e 0,86 em 2011) e para o total de espécies de cada área, independente do ano (0,85).

**Tabela 2**

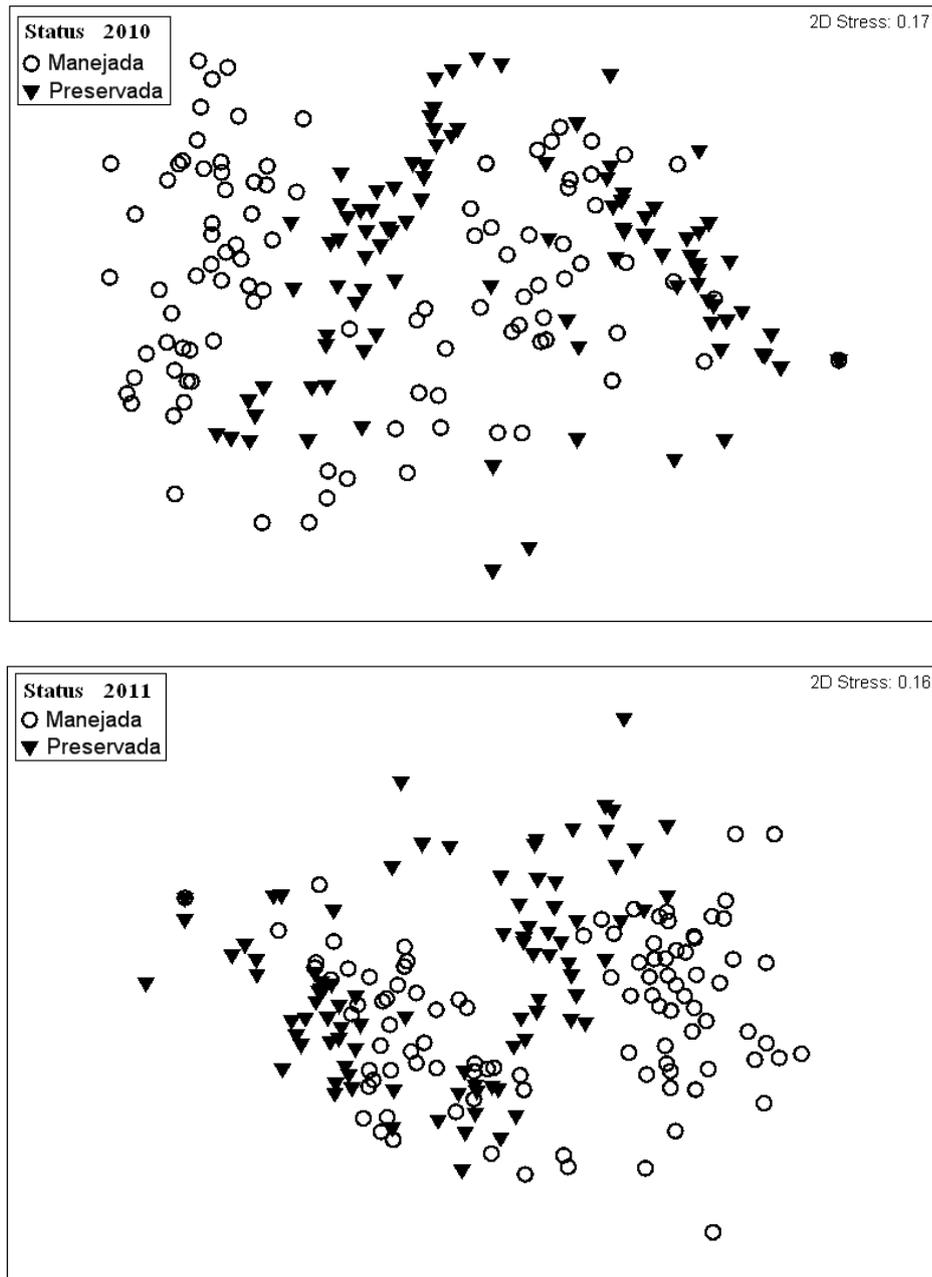
Parâmetros fitossociológicos gerais da vegetação herbácea ocorrente na área preservada e em regeneração do Campo Experimental da Embrapa semiárido, Petrolina –PE, para o período de 2 anos.

Parâmetros/Áreas	Preservada 2010	Regeneração 2010	Preservada 2011	Regeneração 2011
Densidade (ind.100m <sup>-2</sup> )	12.295	12.035	11.424	11.276
Nº de Espécies	21	28	24	27
Nº de Famílias	17	19	18	17
Frequência Total (%)	507	674	563	671
Equabilidade	0,57	0,59	0,58	0,65

Apesar da elevada similaridade florística (Sørensen) a análise de ordenação (NMDS) verificou diferenças na composição florística entre as áreas manejada e preservada com estresse bi-dimensional de 0,17 e 0,16, nos anos de 2010 e 2011, respectivamente (Fig. 2). A ANOSIM detectou correlação significativa no nível de similaridade florística entre as áreas manejada e preservada em 2010 ( $R = 0,199$ ;  $p = 0,001$ ) e em 2011 ( $R = 0,165$ ;  $p = 0,001$ ).

Na área manejada, a análise de ordenação (NMDS) verificou diferenças na composição florística entre os anos de 2010 e 2011 (estresse bi-dimensional de 0,15) (Fig.3). A ANOSIM detectou correlação significativa no nível de similaridade florística entre os anos de 2010 e 2011 ( $R = 0,067$ ;  $p = 0,001$ ). Na área preservada não houve diferença na composição florística entre os anos de 2010 e 2011 (estresse bi-dimensional de 0,13;  $R = 0,013$ ;  $p = 0,07$ ).

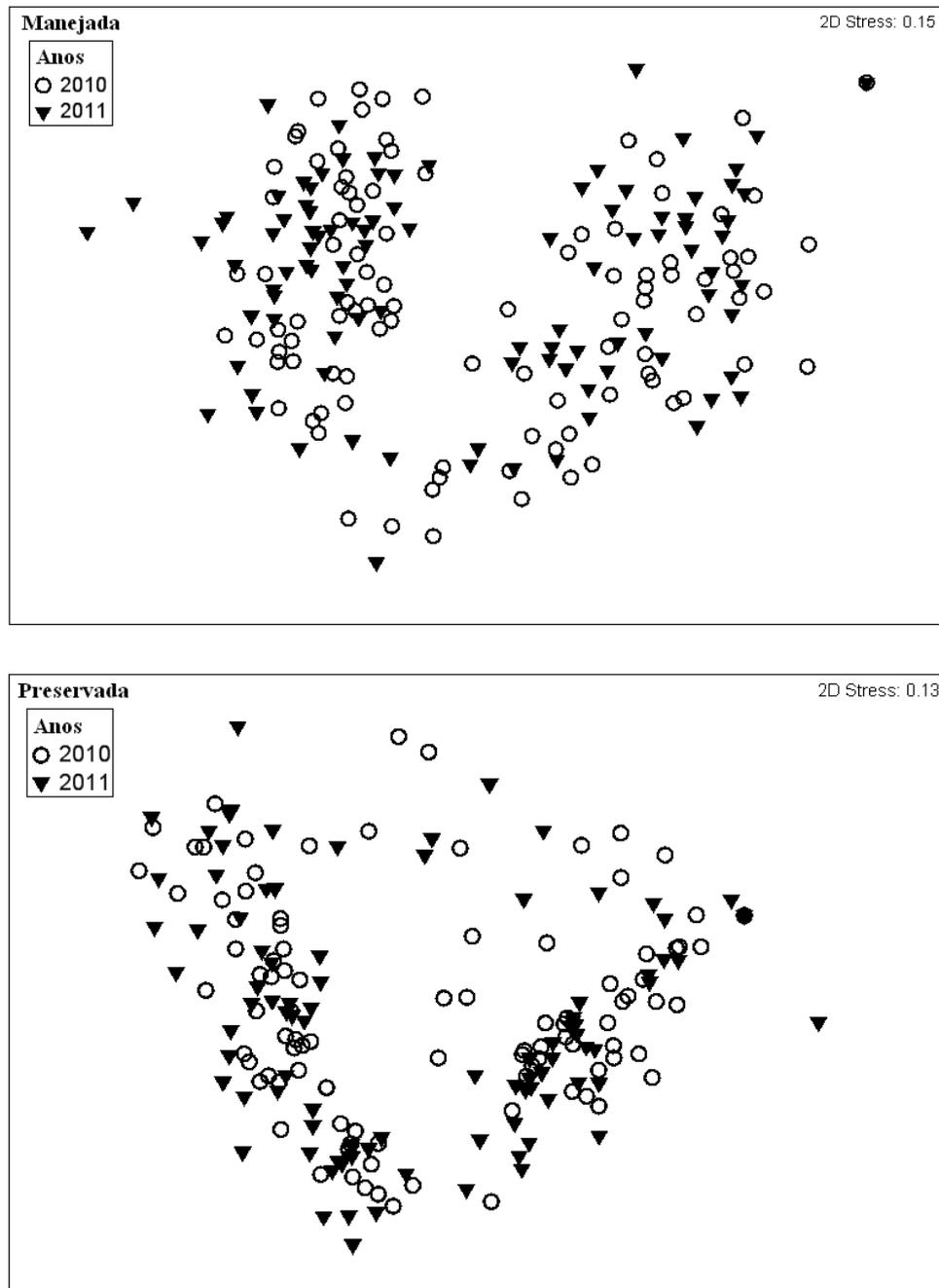
As famílias de maior número de espécies foram às mesmas nas duas áreas com discretas alterações entre anos. Foram elas: Poaceae, Malvaceae, Passifloraceae, Portulacaceae e Euphorbiaceae. A forma de vida predominante nas duas áreas foi das espécies terófitas, respondendo por 71% na área manejada e por 73% das espécies na área preservada, seguidas respectivamente pelas caméfitas (23%, e 19%), hemicriptófitas (3% e 4%) e geófitas (3% e 4%) (Tabela 3).



**Fig. 2.** Escalonamento multidimensional não métrico baseado no coeficiente de similaridade de espécies Bray–Curtis (entre áreas manejada e preservada nos anos de 2010 e 2011) na região semiárida do Nordeste do Brasil.

A análise de variância para medidas repetidas (ANOVA) verificou que o *status* de conservação das áreas (manejada e preservada) não explica as variações na densidade, mas explica as variações na riqueza nos dois anos (Tabela 4). Os valores de densidade média foram ligeiramente maiores no ano menos chuvoso (2010 - 429,0 mm/annual) nas duas áreas, mas o teste de Tukey não detectou diferenças significativas entre áreas e entre anos (Tabela

5). Para os valores de riqueza média, o teste de Tukey verificou diferenças significativas entre *status*, mas entre anos (2010/2011), independente da variação nos totais de chuva, os valores não variaram significativamente (Tabela 6).



**Fig. 3.** Escalonamento multidimensional não métrico baseado no coeficiente de similaridade de espécies Bray–Curtis (entre os anos de 2010 e 2011 nas áreas manejada e preservada) na região semiárida do Nordeste do Brasil.

**Tabela 3**

Parâmetros fitossociológicos das espécies herbáceas amostradas nas áreas preservada e manejada do Campo Experimental da Embrapa semiárido, Petrolina –PE, para o período de 2 anos. FV= Forma de Vida; P= preservada; M= Manejada.

Espécie – Família	FV	Densidade Absoluta (ind.ha <sup>-1</sup> )				Frequência Absoluta (%)			
		2010		2011		2010		2011	
		P	M	P	M	P	M	P	M
<i>Alternanthera ficoidea</i> (L.) P. Beauv. – Amaranthaceae	T	800	1.400	-	-	6	7	-	-
<i>Ayenia</i> sp. – Malvaceae	T	200	500	300	2.200	2	3	2	9
<i>Bernardia sidoides</i> (Klotzsch) Müll. Arg. Euphorbiaceae	T	5.400	8.500	1.200	-	13	22	2	-
<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. – Poaceae	T	-	2.100	-	-	-	6	-	-
<i>Centratherum punctatum</i> Cass. – Asteraceae	T	48.300	129.500	31.100	99.400	30	59	39	56
<i>Commelina benghalensis</i> L. – Commelinaceae	T	1.600	400	2.000	-	7	1	6	-
<i>Corchorus argutus</i> Kunth – Malvaceae	T	9.400	26.400	9.600	26.400	40	52	39	47
<i>Croton glandulosus</i> L. – Euphorbiaceae	T	-	-	400	300	-	-	4	2
<i>Cuphea</i> sp. – Lythraceae	T	-	-	10.100	31.000	-	-	22	47
<i>Cyperus aristatus</i> Rottb. – Cyperaceae	H	5.300	117.800	29.600	277.400	12	50	20	58
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd. – Poaceae	T	15.300	44.400	22.000	70.700	34	52	30	51
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L. – Euphorbiaceae	T	-	-	-	700	-	-	-	1
<i>Hybanthus calceolaria</i> (L.) Oken – Violaceae	T	100	4.400	1.900	2.000	1	13	10	16
<i>Hyptis brevipes</i> Poit. – Lamiaceae	T	-	200	-	-	-	1	-	-
<i>Melocactus bahiensis</i> (Britton & Rose) Luetzelb. - Cactaceae	CA	300	1.400	100	1.200	2	12	1	10
<i>Microtea glochidiata</i> Moq. - Phytolacaceae	T	400	4.200	500	500	4	12	5	3
<i>Neoglaziovia variegata</i> (Arruda) Mez - Bromeliaceae	CA	72.700	36.200	75.300	40.100	52	52	52	54
<i>Panicum trichoides</i> Sw. - Poaceae	T	70.500	74.700	85.700	72.800	64	66	61	73
<i>Passiflora foetida</i> L. - Passifloraceae	CA	-	-	-	400	-	-	-	1

Tabela 3. Continuação ....

Espécie – Família	FV	Densidade Absoluta (ind.ha <sup>-1</sup> )				Frequência Absoluta (%)			
		2010		2011		2010		2011	
		P	M	P	M	P	M	P	M
<i>Pavonia cancellata</i> (L.) Cav. - Malvaceae	CA	-	800	-	-	-	7	-	-
<i>Phyllanthus niruri</i> L. - Phyllanthaceae	T	327.000	85.800	389.600	125.200	85	56	79	60
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb. - Phyllanthaceae	T	-	1.400	-	-	-	2	-	-
<i>Piriqueta duarteana</i> (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Urb. - Passifloraceae	CA	-	200	-	-	-	1	-	-
<i>Piriqueta viscosa</i> Griseb. - Passifloraceae	CA	-	100	6.100	2.700	-	1	26	12
<i>Portulaca oleracea</i> L. - Portulacaceae	T	-	600	800	1.000	-	3	3	7
<i>Portulaca pilosa</i> L. - Portulacaceae	T	-	-	-	100	-	-	-	1
<i>Portulaca umbraticola</i> Kunth - Portulacaceae	T	-	-	400	500	-	-	3	4
<i>Schwenckia</i> sp. - Solanaceae	T	16.900	32.400	13.400	700	36	49	27	5
<i>Selaginella convoluta</i> (Arn.) Spring. - Selaginellaceae	CA	438.000	109.500	346.100	125.600	45	40	40	35
<i>Spermacoce suaveolens</i> (G. Mey.) Kuntze - Rubiaceae	T	200	800	2.300	3.900	1	1	21	16
<i>Spermacoce verticilata</i> L. - Rubiaceae	T	210.900	516.200	106.000	238.600	48	82	49	83
<i>Tacinga inamoena</i> (K. Schum) N.P. Taylor & Stuppy - Cactaceae	CA	100	1.000	300	1.000	1	8	3	8
<i>Turnera pumilea</i> L. - Passifloraceae	T	5.300	2.000	-	100	19	14	-	1
<i>Urochloa mosambicensis</i> (Hack.) Dandy - Poaceae	T	-	-	-	1.700	-	-	-	5
<i>Zephyranthes sylvatica</i> Baker- Amaryllidaceae	G	800	600	7.600	1.400	5	2	19	6

**Tabela 4**

Análise de Variância (ANOVA) de medidas repetidas comparando a densidade e a riqueza da assembleia de herbácea em áreas com diferente *status* de conservação (manejada e preservada) durante os anos de 2010 e 2011 na região semiárida do Nordeste do Brasil. Valores de P em negrito denotam diferença significativa.

Parâmetros	2010						2011				
	GL	SQ	QM	F	P	R <sup>2</sup>	SQ	QM	F	P	R <sup>2</sup>
<b>Densidade</b>											
Intercepto	1	2959745	2959745	196.2434	0.000000		2576450	2576450	219.3375	0.000000	
<i>Status</i>	1	338	338	0.0224	0.881152	0.0001	110	110	0.0093	0.923174	0.0000
Error	198	2986238	15082				2325808	11747			
Total	199	2986576					2325918				
<b>Riqueza</b>											
Intercepto	1	6973.805	6973.805	1255.570	0.000000		7613.780	7613.780	1054.289	0.000000	
<i>Status</i>	1	139.445	139.445	25.106	<b>0.000001</b>	0.11253	58.320	58.320	8.076	<b>0.004956</b>	0.039188
Erro	198	1099.750	5.554				1429.900	7.222			
Total	199	1239.195					1488.220				

**Tabela 5**

Variação na densidade média ( $\pm$  desvio padrão) entre as áreas manejada e preservada e entre os anos de 2010 e 2011 em uma área semiárida do Nordeste do Brasil. Matriz triangular com a significância pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Ano/Precipitação	Status	Densidade	2010 (429,0 mm)		2011(626,4mm)
			Preservada	Manejada	Preservada
2010 (429,0 mm)	Preservada	122,95 $\pm$ 133			
	Manejada	120,35 $\pm$ 111,69	0,998578		
2011 (626,4 mm)	Preservada	114,24 $\pm$ 12,62	0,951374	0,982303	
	Manejada	112,76 $\pm$ 03,97	0,925040	0,967010	0,999736

**Tabela 6**

Variação na riqueza média ( $\pm$  desvio padrão) entre as áreas manejada e preservada e entre os anos de 2010 e 2011 em uma área semiárida do Nordeste do Brasil. Matriz triangular com a significância pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Valores de P em negrito denotam diferença significativa.

Ano/Precipitação	Status	Riqueza	2010 (429,0 mm)		2011 (626,4 mm)
			Preservada	Manejada	Preservada
2010 (429,0 mm)	Preservada	5,07 $\pm$ 2,60			
	Manejada	6,74 $\pm$ 2,08	<b>0,000025</b>		
2011 (626,4 mm)	Preservada	5,63 $\pm$ 3,10	0,397777	<b>0,010261</b>	
	Manejada	6,71 $\pm$ 2,20	<b>0,000033</b>	0,999788	<b>0,013421</b>

Diferentemente dos valores de densidade, o teste t de Hutcheson demonstrou que os valores de diversidade diferiram significativamente entre áreas (preservada/manejada) e entre anos (2010/2011), sendo maior na área manejada (Tabela 7). A equabilidade seguiu a mesma tendência, apresentando valores maiores na área manejada em ambos os anos (Tabela 2).

**Tabela 7**

Matriz triangular com a significância do teste t de Hutcheson ( $P < 0,05$ ) para os índices de diversidade de Shannon entre as áreas preservada e manejada e entre os anos de 2010 e 2011, em uma área semiárida no Nordeste do Brasil ( $t = t$  calculado pelo teste t de Hutcheson;  $v =$  graus de liberdade. Valores em negrito denotam diferença significativa entre os valores dos índices de diversidade).

Área	Ano	H' (nats.ind <sup>-1</sup> )	Manejada				Preservada	
			2010		2011		2010	
			t	v	t	v	t	v
Manejada	2010	1,94	-	-	-	-	-	-
	2011	2,15	<b>15,18</b>	<b>22533,2</b>	-	-	-	-
Preservada	2010	1,72	<b>15,88</b>	<b>23761,4</b>	<b>34,15</b>	<b>23543,58</b>	-	-
	2011	1,87	<b>5,034</b>	<b>23320,0</b>	<b>20,18</b>	<b>21367,05</b>	<b>10,04</b>	<b>22630,29</b>

A análise das densidades populacionais nas duas áreas e entre anos mostra que dentro da mesma área o conjunto de espécies de maior densidade não variou entre anos; e que entre áreas houve algumas diferenças em relação ao grupo total de espécies (Tabela 3). Na área manejada as espécies de maior densidade foram: *Selaginella convoluta*; *Phyllanthus niruri*; *Spermacoce verticilata*; *Neoglaziovia variegata* e *Panicum trichoides*. Na área preservada, além das três primeiras espécies citadas para a área manejada, teve elevada densidade *Cyperus aristatus*.

Quando compara-se as variações dos tamanhos populacionais dessas espécies de maior densidade com os totais de chuva de cada ano, observa-se que tiveram aumento de suas populações no ano mais chuvoso (2011) as espécies *P. niruri*, *N. variegata*, *P. trichoides* e *C. aristatus*, mas houve redução das densidades populacionais para as espécies *S. verticilata* e *Centratherrum punctatum*. No caso de *S. convoluta* no ano mais chuvoso o comportamento foi diferente entre as áreas, ou seja, houve redução do tamanho populacional na área preservada e aumento da sua população na área em regeneração (Tabela 3).

As espécies de maior frequência absoluta em cada área foram às mesmas nos dois anos de estudo (Tabela 3). Nenhuma espécie esteve presente em 100% das unidades amostrais de cada área. Na área preservada as espécies de maior frequência foram *P. niruri* (85% e 79%) e *P. trichoides* (64% e 61%) e na área manejada foram *S. verticilata* (82% e 83%) e *P. trichoides* (66% e 73%).

#### **4. Discussão**

Os resultados apontam que, apesar das duas áreas ocorrerem com similaridade específica bastante alta, a maior riqueza de taxa foi registrada para a área manejada. As discretas variações de riqueza e elevada semelhança entre as duas áreas poderiam ser explicadas em função dos seguintes pontos: 1) a proximidade existente entre as áreas ser suficiente para a dispersão de sementes, principalmente da área preservada para a manejada, contribuindo assim para a semelhança em composição entre as mesmas; 2) o tempo decorrido do manejo até a época dos levantamentos (3 anos), não ter sido suficiente para eventuais mudanças em composição que possam vir a ocorrer na área manejada, por exemplo, manutenção da viabilidade do banco de sementes; 3) entrada de espécies herbáceas na área manejada, provavelmente pelas mudanças ocorrida na vegetação (corte) que contribuíram para alterar as condições abióticas locais,

favorecendo a entrada de espécies de áreas mais abertas da caatinga. Este último ponto explique, talvez, os 15% de dessemelhança entre as duas áreas, já que essa diferença a mais em riqueza está na área manejada.

Todavia, ao considerar o tamanho das populações (número de indivíduos por espécie) das assembleias de ervas, pelo ANOSIM, detectou-se diferenças na similaridade entre as áreas (preservada/manejada) e estas foram confirmadas para os dois anos de observação. Entretanto, na condição de área preservada (área controle) não houve diferenças entre os anos. A alteração da composição de espécies e do tamanho das populações decorrentes do manejo da vegetação em áreas de Caatinga também foi registrada por Miranda et al. (2007). Em ambos os estudos, percebe-se que a área mais aberta contribui para a chegada de determinadas espécies, devido ocorrer mudanças microambientais ou essa condição pode também favorecer o aumento do tamanho de algumas populações já existentes na área. Nesse estudo essa tendência foi reforçada pela análise de variância para medidas repetidas (ANOVA) que explicou ser a variação de riqueza entre áreas condicionada pelo manejo da vegetação.

A riqueza de espécies herbáceas registrada na área de caatinga preservada (26 spp.) é comparativamente baixa se tomarmos como referência o estudo de 2004, em área de caatinga próxima (Feitoza et al., 2008) que registrou 53 espécies, e aos demais trabalhos realizados com herbáceas em áreas de caatinga consideradas preservadas (Pessoa et al., 2004; Araújo et al., 2005; Reis et al., 2006; Silva et al. 2009), que variou de 53 a 95 espécies. Todavia, o valor de riqueza registrado na área manejada (35 spp.) está dentro da média de riqueza registrada para áreas antropogênicas de caatinga (Maracajá e Benevides, 2006; Santos et al., 2006; Sizenando Filho et al., 2007; Santos, 2010), que variam de 16 a 86 espécies.

Dos nove estudos comparados acima há uma tendência da riqueza de espécies herbáceas nas caatingas ser influenciada negativamente pela perturbação ocorrida na vegetação. Entretanto, é preciso considerar e diferenciar o que é uma área antropogênica, já que esta pode variar desde uma área totalmente aberta até uma área que teve sua vegetação raleada, por exemplo, para atender a um corte seletivo. Por sua vez, o tipo de perturbação, a magnitude da mesma e o tempo são aspectos a serem ponderados quando relacionamos a riqueza de herbáceas ocorrente em florestas secas, principalmente porque determinados grupos bem característicos de herbáceas desse tipo vegetacional conseguem ser mais comuns aos ambientes mais abertos e perturbados.

Esta é uma situação que poderia levar a aumento de riqueza de espécies em determinadas áreas.

Acredita-se que a condição de área que sofreu manejo (raleamento da vegetação em alguns trechos) e está em fase de regeneração a mais de três anos, seja um fator determinante no aumento de densidade das espécies que tendem a formar populações superabundantes em áreas abertas da caatinga, a exemplo das pertencentes às famílias Poaceae, Cyperaceae, Rubiaceae, Amaranthaceae, entre outras.

As famílias de maior riqueza de espécies herbáceas citadas nos levantamentos em áreas preservadas da caatinga (Silva et al., 2009) são as mesmas registradas nesse estudo, com exceção de Passifloraceae, que teve maior riqueza na área manejada. A variação da riqueza de espécies por família nas áreas estudadas, entre anos, pode ser decorrente dos totais anuais de chuva, já que Poaceae teve sua riqueza reduzida à metade no ano mais seco (2010), bem como ocorreu diminuição para Malvaceae e Rubiaceae. Apenas Cactaceae se manteve constante, por ser uma família com espécies caméfitas e adaptadas a viver em condição de seca. Poaceae e Malvaceae também estão entre as famílias de maior número de espécies nos levantamentos de caatinga antropizada (Maracajá e Benevides, 2006; Sizenando Filho et al., 2007; Santos, 2010).

Do conjunto particular de taxa que foi exclusivo de cada ano, em geral, foram espécies que formaram pequenas populações e não estão entre as espécies citadas para áreas antropogênicas da Caatinga (Maracajá e Benevides, 2006; Santos et al., 2006; Sizenando Filho et al., 2007; Santos, 2010). Certamente, estudos que busquem o conhecimento do componente herbáceo de florestas tropicais secas precisam ser desenvolvidos durante vários anos, como forma de aumentar a probabilidade de amostrar todas as populações que se façam presente na área, já que esse componente é bastante efêmero.

Em relação às respostas do aumento ou diminuição das densidades populacionais das plantas, seria esperado que no ano mais chuvoso a densidade fosse maior, considerando que teria maior disponibilidade de água no solo para a germinação, principalmente em plantas da caatinga, que a disponibilidade de água representa um recurso chave. Entretanto, neste estudo, o resultado das análises de variância para medidas repetidas não explicaram as variações de densidade e o teste de Tukey não detectou diferenças significativas nos valores de densidade e riqueza média entre os anos.

Contudo, estudos veem apontando que quando relacionamos os totais de chuva e sua influência sobre a vegetação, se faz necessário considerar pelo menos dois tempos (anos), o anterior e o atual para melhor compreender a interação (Reis et al., 2006; Lima et al., 2007; Santos et al., 2007; Santos et al., 2009; Silva, 2009). Mesmo não tendo testado o efeito da chuva do ano anterior, como 2010 foi um ano considerado seco (média anual de 429,0mm), por está abaixo da média histórica de 40 anos da região, que é de 549 mm/ano (Teixeira, 2010), estima-se que tenha influenciado na disponibilidade de sementes no banco do solo para o ano seguinte (2011), comprometendo em quantidade a germinação e regeneração das espécies. Se aceitarmos essa explicação para justificar a menor densidade em 2011, essa lógica pode ser aplicada para justificar porque em 2010, mesmo chovendo pouco, a densidade foi discretamente maior, devido o ano anterior (2009) ter sido considerado um ano chuvoso, ou seja, acima da média da região (782,1mm/ano).

A análise comparativa das espécies que tiveram maior densidade na área de estudo com os trabalhos de herbácea na Caatinga (Pessoa et al., 2004; Araújo et al., 2005; Maracajá e Benevides, 2006; Reis et al., 2006; Santos et al., 2006; Sizenando Filho et al., 2007; Feitoza et al., 2008; Silva et al. 2009; Santos, 2010), evidencia que, com exceção de *Digitaria horizontalis* e de *Spermacoce verticilata* as demais espécies registradas na área manejada desse estudo (*Centratherum punctatum*, *Selaginella convoluta*, *Cyperus aristatus*, *Panicum trichoides* e *Phyllanthus niruri*) estão citadas entre as de maior densidade populacional em caatingas consideradas preservadas (Araújo et al., 2005; Reis et al., 2006; Feitoza et al., 2008; Silva et al. 2009). Entretanto espécies que são comuns a outras áreas de caatinga, como *Delilia biflora*, citada como formando populações de alta densidade em áreas antrópicas e preservadas da caatinga e *Stylosantes angustifolia*, que está em duas das áreas antrópicas como uma das espécies de maior densidade, não estiveram presentes neste estudo. Além disso, do total de 35 espécies de maior densidade, listadas nos trabalhos considerados, todas as demais aparecem em um único trabalho como espécie de maior densidade. Isso demonstra o quanto heterogênea é em composição e densidade populacional a assembleia de herbáceas das caatingas e reforça a necessidade de mais levantamentos pontuais para traçar um panorama geral desse importante componente da vegetação.

Quando se analisa o arranjo espacial das populações, detecta-se que mesmo àquelas que tiveram densidade elevada nas áreas suas frequências absolutas foram consideradas baixas, inferior a 50%, ou seja, os resultados mostram que boa parte das

espécies herbáceas das duas áreas tende a formar populações mais agrupadas, tendendo para a formação de grupos como numa interação de facilitação.

Os tamanhos populacionais diferenciados registrados nesse estudo permitem compreender porque os valores de diversidade, pelo teste t de Hutcheson, foram significativamente diferentes entre áreas e entre anos. Percebe-se que a maior diversidade e equabilidade registradas para a área manejada seguem a mesma tendência observada para a riqueza. O que mostra ser a área manejada mais rica em espécies e com distribuição dos indivíduos por espécie equitativamente melhor distribuída que na área preservada.

A comparação da diversidade com outras áreas de caatinga mostra que em ambas as áreas os valores registrados são em parte inferior a faixa encontrada (1,49 a 3,01 nats.ind<sup>-1</sup>) para caatingas preservadas e manejadas (Araújo et al., 2005; Maracajá e Benevides 2006; Reis et al., 2006; Santos et al., 2006; Sizenando Filho et al., 2007; Feitosa et al., 2008), principalmente para as caatingas preservadas do agreste de Pernambuco que é em torno de 3,0 nats/ind.<sup>-1</sup>(Araújo et al., 2005; Reis et al., 2006). Os menores valores de diversidade e riqueza de espécies registrados nesse estudo, em comparação as caatingas do agreste de Pernambuco, pode está relacionado à melhor distribuição temporal das chuvas nessa região, em geral, com estação chuvosa de seis a sete meses (Reis et al., 2006). Outros pontos a serem considerados, mas que também não foram testados nesse estudo, é o tipo e profundidade dos solos, maior proximidade da costa, entre outras variáveis ambientais que certamente contribuem para maior diversidade florística.

## **5. Conclusões**

Conclui-se que numa escala local o manejo da área, do tipo raleamento da vegetação, contribuiu para maiores mudanças na riqueza e nos tamanhos das populações das espécies herbáceas da caatinga estudada, fato este não confirmado para as variações interanuais nos totais de precipitação, conforme é comumente apontado na literatura para vegetações de ambientes semiáridos.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Botânica pelo apoio; a Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa durante a execução da pesquisa; Ao CNPq pelo apoio financeiro (processos 471805/2007-6 e 477239/2009-9) e bolsas de pesquisa dos autores; aos membros do Laboratório de Ecologia dos Ecossistemas Nordestinos pela ajuda disponibilizada; aos gestores da Embrapa Semiárido pelo apoio logístico e ao Laboratório de Ecologia da Embrapa Semiárido pela ajuda na coleta e análise dos dados.

### **Referências Bibliográficas**

- Akpo, L.E., 1998. Effet de l'arbre sur la vegetation herbacée dans quelques phytocénoses au senegal. Variation selon un gradient climatique. Thèse de Doctorat en Sciences Naturelles, Ecologie. Université Cheikh Anta Diop Dacar. Paris: TDM, ORSTOM.
- Albuquerque, S. G. de, Soares, J. G. G., Guimarães-Filho, C., Oliveira, M. C., 2003. Dinâmica do estrato herbáceo de uma vegetação de caatinga do Sertão de Pernambuco sob intensidade de uso por caprinos. In: Anais da 40ª reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Santa Maria, RS.
- Alcoforado-Filho, F.G., Sampaio, E.V.S.B., Rodal, M.J.N., 2003. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. *Acta Botanica Brasilica* 17, (2), 287-303.
- Araújo, E.L., 2003. Diversidade de herbáceas na vegetação da Caatinga. In: Jardim, M.A.G., Bastos, M.N.C., Santos, J.U.M. (Eds.), *Desafios da Botânica brasileira no novo milênio: inventário, sistematização e conservação da diversidade vegetal*, v. 1. Belém: Sociedade Brasileira de Botânica, 82-84.
- 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.
- Araújo, E.L., Silva, K.A., Ferraz, E.M.N., Sampaio, E.V.S.B., Silva, S.I., 2005. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de Caatinga, Caruaru- PE. *Acta Botanica Brasilica* 19 (2), 285-294.
- Araújo, E.L., Silva, S.I., Ramos, E.M.N.F., 2002. Herbáceas da Caatinga de Pernambuco. In: Silva, J.M., Tabarelli, M. (Eds.). *Diagnóstico da biodiversidade*

- do estado de Pernambuco. v. 1. Recife: Massangana da Fundação Joaquim Nabuco, 183-206.
- Araújo, F.S., Costa, R.C., Lima, J.R., Vasconcelos, S.F., Girão, L.C., Sobrinho, M.S., Bruno, M.M.A., Souza, S.S.G., Nunes, E.P., Figueiredo, M.A., Lima-Verde, L.W., Loiola, M.I.B., 2011. Floristics and life-forms along a topographic gradient, central-western Ceará, Brazil. *Rodriguésia* 62 (2), 341-366.
- Badano, E.I., Cavieres, L.A., Molina-Montenegro, M.A., Queiroz, C.L., 2005. Slope aspect influences plant association patterns in the Mediterranean matorral of Central Chile. *Journal of Arid Environments* 62, 93-108.
- Belsky, A.J., 1990. Tree/grass ratios in East African savannas: a comparison of existing models. *Journal of Biogeography* 17, 483-489.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N., 2005. *PRIMER v.6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-Ltd., Plymouth, UK.
- Costa, K.C., Lima, A.L.A., Fernandes, C.H.M., Silva, M.C.N.A., Rodal, M.J.N., 2009. Flora vascular e formas de vida em um hectare de caatinga no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 4 (1), 48-54.
- Feitoza, M.O.M., 2004. Diversidade e caracterização fitossociológica do componente herbáceo em áreas de Caatinga do nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Feitoza, M.O.M., Araújo, E.L., Sampaio, E.V.S.B., Kill, L.H.P., 2008. Fitossociologia e danos foliares ocorrentes na comunidade herbácea de uma área de Caatinga em Petrolina, PE. In: Moura, A.N., Araújo, E.L., Albuquerque, U.P., (Eds.) *Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos*. v. 1. Recife: Comunigraf, 11-38.
- Fuller, D.O., 1999. Canopy phenology of some mopane and miombo woodlands in eastern Zambia. *Global Ecology and Biogeography* 8, 199-209.
- Grouzis, M., Akpo, L.E., 1997. Influence of tree cover on herbaceous above- and below-ground phytomass in the Sahelian zone of Senegal. *Journal of Arid Environments* 35, 285-296.

- Jäkäläniemi, A., Tuomi, J., Siikamäki, P., Kilpiä, A., 2005. Colonization-extinction and patch dynamics of the perennial riparian plant, *Silene tatarica*. *Journal of Ecology* 93, 670-680.
- Jeltsch, F., Weber, G.E., Grimm, V., 2000. Ecological buffering mechanisms in savannas: a unifying theory of long-term treegrass coexistence. *Plant Ecology* 161, 161–171.
- Krebs, C. 1989. *Ecological Methodology*. 654p. Harper & Row Publishers. New York.
- Lorenzon, M.C.A., Matrangolo, C.A.R., Schoereder, J.H., 2003. Flora visitada pelas abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) na Serra da Capivara, em Caatinga do Sul do Piauí. *Neotropical Entomology* 32 (1), 27-36.
- Maracajá, P.B., Benevides, D.S., 2006. Estudo da flora herbácea da Caatinga no município de Caraúbas no Estado do Rio Grande do Norte. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 6 (1), 165-175.
- Mccune, B., Mefford, M.J., 1999. *PC-ORD*. Multivariate analysis of ecological data, versão 4.0, MJM Software, Gleneden.
- Mendes, M.R.A., Castro, A.A.J.F., 2010. Vascular flora of semi-arid region, São José do Piauí, state of Piauí, Brazil. *Check List* 6 (1), 39-44.
- Miranda, M.A.S., Maracajá, P.B., Sousa, D.D., Lira, R.B., Melo, S.B., Amorim, L.B., 2007. A flora herbácea na Flona - Flona de Açú - RN. *Revista Agropecuária Científica no Semiárido* 3, 31-43.
- Pereira, V.F., Araújo, E.L., Silva, K.A., Lima, E. N., Andrade, J. R., Pimentel, R.M.M., 2008. Associações entre espécies herbáceas em uma área de Caatinga de Pernambuco. *Revista de Geografia* 25 (2).
- Pessoa, L.M., Rodal, M.J.N., Silva, A.C.B.L.E., Costa, K.C.C., 2004. Levantamento da flora herbácea em um trecho de Caatinga, RPPN Maurício Dantas, Pernambuco. *Revista Nordestina de Biologia* 18 (1), 27-53.
- Reis, A.M., Araújo, E.L., Ferraz, E.M.N., Moura, A.N., 2006. Inter-annual variations in the floristic and population structure of an herbaceous community of “Caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 29 (3), 497-508.

- Rocha, P.L.B., Queiroz, L.P., Pirani, J.R., 2004. Plant species and habitat structure in a sand dune field in the Brazilian Caatinga: a homogeneous habitat harbouring an endemic biota. *Revista Brasileira de Botânica* 27 (4), 739-755.
- Sankaran, M., Ratnam, J., Hanan, N. P., 2004. Tree grass coexistence in savannas revisited –insights from an examination of assumptions and mechanisms invoked in existing models. *Ecology Letters* 7, 480-490.
- Santos, J.M.F.F., 2010. Diversidade e abundância inter-anual no componente herbáceo da caatinga: paralelos entre uma área preservada e uma área antropizada em regeneração natural. Dissertação de Mestrado em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Santos, J.M.F.F., Silva, K.A., Lima, E.N., Santos, M.S., Pimentel, R.M.M., Araújo, E.L., 2009. Dinâmica de duas populações herbáceas de uma área de caatinga, Pernambuco, Brasil. *Revista de Geografia* 26, 142-160.
- Santos, L.C., Moura, V.C., Sizenando-Filho, F.A., Mesquita, L.X., Costa, Y.C.S., 2006. Estudo de uma flora herbácea em Jucurutú no seridó do Estado do RN. *Revista Verde* 1 (2), 86-99.
- Santos, R.F., Kiill, L.H.P., Araújo, J.L.P., 2006. Levantamento da flora melífera de interesse apícola no município de Petrolina-PE. *Revista Caatinga* 19 (3), 221-227.
- Sherpherd, G.J., 1995. Fitopac 1. Manual do usuário. Departamento de Botânica. UNICAMP.
- Silva, K.A., Lima, E.M., Santos, J.M.F.F., Andrade, J.R., Santos, D.M., Sampaio, E.V.S.B., Araújo, E.L., 2008. Dinâmica de gramíneas em uma área de Caatinga de Pernambuco-Brasil. In: Moura, A.N., Araújo, E.L., Albuquerque, U.P. (Eds.). Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos. Recife: Comunigraf, v. 1, 105-129.
- Silva, K.A., Araújo, E.L., Ferraz, E.M.N., 2009. Estudo florístico do componente herbáceo e relação com solos em áreas de caatinga do embasamento cristalino e bacia sedimentar, Petrolândia, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23 (1), 100-110.

- Sizenando-Filho, F.A., Maracajá, P.B., Diniz-Filho, E.T., Freitas, R.A.C., 2007. Estudo florístico e fitossociológico da flora herbácea do município de Messias Targino, RN/PB. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 7 (2).
- Souza, J.D.N., Rodal, M.J.N., 2010. Levantamento florístico em trecho de vegetação ripária de caatinga no rio Pajeú, Floresta/Pernambuco-Brasil. *Revista Caatinga* 23 (4), 54-62.
- Tews, J., Esther, A., Milton, S.J., Jeltsch, F., 2006. Linking a population model with an ecosystem model: Assessing the impact of land use and climate change on savanna shrub cover dynamics. *Ecological Modelling* 195, 219-228.
- Valentin, J.L., 2000. *Ecologia numérica uma introdução à análise multivariada dos dados ecológicos*. Editora Interciência. Rio de Janeiro. 117p.
- Van der Waal, C., Kroon, H., Boer, W.F., Heitkönig, I.M.A., Skidmore, A.K., Knecht, H.J., Van Langevelde, F., Van Wieren, S.E., Grant, R.C., Page, B.R., Slotow, R., Kohi, E.M., Mwakiwa, E., Prins, H.H.T., 2009. Water and nutrients alter herbaceous competitive effects on the seedlings in a semi-arid savanna. *Journal of Ecology* 97, 430-439.
- Van Langevelde, F.; Van de Vijver, C.A.D.M.; Kumar, L.; Van de Koppel, J.; Ridder, N. de; Van Andel, J.; Skidmore, A.K.; Hearne, J.W.; Stroosnijder, L.; Bond, W.J.; Prins, H.H.T.; Rietkerk, M., 2003. Effects of fire and herbivory on the stability of savanna ecosystems. *Ecology* 84 (2), 337-350.

## 5. CAPÍTULO 2

### **O papel de árvores isoladas na composição e abundância de espécies herbáceas em áreas manejadas e preservada em ambientes semiáridos**

Magda Oliveira Mangabeira Feitoza<sup>1\*</sup>, Lúcia Helena Piedade Kiill<sup>2</sup>, Elcida de Lima Araújo<sup>1</sup>, Elba Maria Nogueira Ferraz<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Área de Botânica, Recife, Pernambuco

<sup>2</sup> Pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

<sup>3</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco

\* Autor para correspondência. E-mail: mmfeitoza@hotmail.com

**A ser enviado ao periódico New Forest**

## **O papel de árvores isoladas na composição e abundância de espécies herbáceas em ambiente semiárido**

**Magda Oliveira Mangabeira Feitoza · Lúcia Helena Piedade Kiill · Elcida de Lima Araújo · Elba Maria Nogueira Ferraz**

**Resumo** O sombreamento da copa das árvores podem influenciar o estabelecimento de plântulas e a regeneração das florestas em áreas antropogênicas. Objetivou-se avaliar o papel do sombreamento de árvores isoladas sobre a riqueza e a densidade de herbáceas em dois locais (parcelas sombreadas pela copa de *Spondias tuberosa* Arruda e parcelas a pleno sol) dentro de três habitats (floresta jovem – 3 anos; floresta madura > 50 anos; e em um Banco de Germoplasma Ativo - BAG de *S. tuberosa*) de ambientes semiáridos. Em cada local foram alocadas 15 parcelas de 1 X 1 m, totalizando 30 parcelas por habitat. Diferenças na riqueza e densidade média de ervas entre os locais e entre os habitats foram avaliadas por uma ANOVA aninhada, com teste *a posteriori* de Tukey. A riqueza total de espécies e famílias herbáceas do BAG e das florestas jovem e madura foi de 29, 19 e 23 espécies e de 16, 14 e 18 famílias, respectivamente, existindo diferença estatística na riqueza média de espécies, com maior riqueza abaixo da copa de *S. tuberosa* apenas na floresta madura e no BAG. A densidade média de ervas foi significativamente maior no BAG a pleno sol, mas não houve diferença entre as condições de sombreamento e a pleno sol das florestas jovem e madura. O estudo mostra que a prática da manutenção de árvores isoladas em áreas antropogênicas tende a ser uma interação positiva para a riqueza de espécie e negativa para densidade de ervas, mostrando que o estabelecimento de herbáceas em ambientes semiáridos pode ser favorecido em áreas expostas a luz do sol.

**Palavras-chave:** caatinga, sombreamento, riqueza de ervas

---

**Magda Oliveira Mangabeira Feitoza\*** · **Elcida de Lima Araújo**

\*Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Área de Botânica, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: [mmfeitoza@hotmail.com](mailto:mmfeitoza@hotmail.com)

**Lúcia Helena Piedade Kiill**

Pesquisador, Embrapa Semiárido, BR 428, Km 152 Zona Rural, caiza postal 23, CEP 56302970, Petrolina, PE, Brasil

**Elba Maria Nogueira Ferraz**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco, Av. Prof. Luiz Freire, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife, Pernambuco, Brasil

## Introdução

O número de áreas de vegetação nativa convertida em áreas antropogênicas, sobretudo para o estabelecimento de agricultura e pastagem é crescente no mundo inteiro (Figueroa et al. 2006; Lopes et al. 2012; Mullah et al. 2012; Nikiema et al. 2012), o que induz alterações ambientais que ameaçam a conservação da diversidade biológica (Gu et al. 2002; Burkey e Reed 2006). No entanto, árvores isoladas da vegetação nativa são frequentemente mantidas em áreas agropastoris por fornecer sombra para o descanso dos animais. Além disso, o fato da planta produzir frutos que possam ser consumidos por pessoas e animais aumenta também sua chance de ser mantida na área (Lins-Neto et al. 2010).

Por exemplo, *Spondias tuberosa* Arruda – Anacardiaceae (umbuzeiro) é uma árvore decídua frequentemente mantida em áreas agropastoris de ambientes semiáridos e que produz frutos apreciados pelas comunidades locais, pelos animais e pela indústria de doces e suco (Folegatti et al 2003; Lins-Neto et al. 2010; Lins-Neto e Peroni 2012). Na vegetação nativa, é observada baixa ocorrência de plântulas de espécies lenhosas e ausência de arbustos e pequenas árvores sob a copa de *S. tuberosa*, o que talvez ocorra porque as folhas de *S. tuberosa*, que sazonalmente cai sobre o solo no período de estiagem, apresentam presença de compostos fenólicos que podem ter ação alelopática, modificando as condições do local e limitando o recrutamento sob a copa (Nascimento-Silva et al. 2008; Oliveira et al. 2012).

Apesar da interação do tipo competição por interferência (alelopatia) ser conhecida como um filtro biológico que restringe o estabelecimento de novas plantas (Siddiqui et al. 2009; Wandscheer et al. 2011), muitas das áreas abandonadas pós-uso possibilitam a formação de novas florestas com composição florística inicialmente dominada por espécies tolerante ao sol, que com o desenvolvimento da nova floresta

vão sendo substituídas por espécies tolerantes à sombra (Mullah et al. 2012). Tal cenário leva a questionar se o efeito limitante da competição por interferência não poderia ser compensado por outro fator em florestas que voltam a se desenvolver em áreas antropogênicas.

Já é conhecido que em ambientes com condições muito restritivas, como ocorre em áreas semiáridas, a competição pelos recursos água e nutrientes influencia o estabelecimento de plântulas (Maestre et al. 2009; Van der Wall 2009). No entanto, podem ocorrer modificações nas interações existentes entre as plantas e em algumas situações, a facilitação pode ter maior importância na organização e dinâmica da comunidade (Pugnaire et al. 1996; Callaway e Walker 1997; Holmgren et al. 1997; Maestre et al. 2009). Por exemplo, o sombreamento conferido ao solo pela copa das plantas lenhosas, dependendo de sua intensidade, tem sido considerado promotor de interação facilitadora, que pode ser do tipo generalista, quando envolve diferentes espécies do ambiente ou do tipo espécie-específica, quando envolve apenas duas espécies, a facilitadora e a beneficiada (Fuller 1999; Pugnaire et al. 2011; Holmgren et al. 2012), sendo a espécie facilitadora considerada como planta enfermeira em alguns estudos (Scarano 2002).

Tanto em áreas antropogênicas quanto em áreas de vegetação nativa, o sombreamento pode modificar as condições microambientais, por promover a redução da evaporação, manter o solo úmido por mais tempo, e, muitas vezes, aumentar a fertilidade do mesmo, pela decomposição das folhas que ficam abaixo da copa das plantas (Grouzis e Akpo 1997). Tal fato poderia compensar o efeito alelopático de algumas espécies ou outro fator limitante da germinação e estabelecimento da plântula, caso existissem, por reduzir o efeito negativo da elevada incidência de luz solar,

possibilitando a ocorrência de interações de facilitação entre as espécies, o que pode favorecer a regeneração das áreas.

Admitindo a hipótese de que a prática humana de manutenção de árvores isoladas possa favorecer a riqueza e a densidade de plântulas em áreas manejadas (BAG – Banco Ativo de Germoplasma e floresta jovem) e não manejada (floresta madura - área controle), este estudo visa descrever a composição e a abundância de espécies herbáceas encontradas a pleno sol e sombreadas pela copa de indivíduos de *Spondias tuberosa*, objetivando avaliar o papel de árvores isoladas sobre a vegetação herbácea em áreas semiáridas.

## **Material e métodos**

### *Área de estudo*

O estudo foi desenvolvido em dois locais (parcelas sombreadas pela copa de *Spondias tuberosa* Arruda e parcelas a pleno sol) dentro de três habitats (floresta jovem – 3 anos; floresta madura > 50 anos e em um Banco de Germoplasma Ativo - BAG de *S. tuberosa*) do campo experimental da Embrapa Semiárido, localizado no município de Petrolina Pernambuco, Brasil.

O clima local é semiárido, do tipo BSw<sup>h</sup>, segundo classificação de Köppen. A temperatura anual varia de 18,2 °C a 34,0 °C, com média de 24,0 °C. Nos últimos 40 anos, a precipitação média anual foi de 549 mm, com 70% desse total concentrado no período chuvoso, sobretudo, entre os meses de janeiro a abril. O período seco apresenta alta insolação, com valor médio de 8,6 horas dia<sup>-1</sup> e média de evaporação de 2.683 mm.ano<sup>-1</sup> (Teixeira 2010). O solo do campo experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plântico, textura média/argilosa (Burgos e Cavalcanti 1990).

O habitat da floresta madura (> 50 anos) abriga uma vegetação do tipo caatinga hiperxerófila, com 112 espécies (48 lenhosas e 64 herbáceas) e predomínio das famílias Caesalpiniaceae, Mimosaceae e Euphorbiaceae (Nascimento et al. 2003; Feitoza et al. 2008; Calixto Junior e Drumond 2011). A fisionomia da vegetação é arbustivo-arbórea com plantas que chegam até 9 m de altura. A distância das plantas lenhosas foi mensurada e varia de 0,5 a 10 m, possibilitando heterogeneidade na sobreposição das copas e, conseqüentemente, no sombreamento do solo. As maiores distâncias registradas entre as plantas ocorrem próximas às árvores de *S. tuberosa* (umbuzeiro) com alturas que variam de 4 a 5,5m e as áreas de copa que variam de 56 a 108 m<sup>2</sup>. O solo é bastante sombreado pelas copas das árvores, mas ainda existem trechos que recebem a incidência da luz direta do sol.

Uma área de 1200 m<sup>2</sup> da floresta madura foi cortada em 2007 para estudo de longa duração de manejo florestal, sendo mantida na mesma além das árvores de *S. tuberosa*, as de *Myracrodruon urundeuva* (Allemão) Engl., *Schinopsis brasiliensis* Engler e *Cereus jamacaru* DC., a primeira por também ser protegida por lei e as duas últimas pelo reconhecido valor de uso (Florentino et al. 2007; Lins-Neto et al. 2012). Após o corte, a vegetação vem se regenerando naturalmente, representando o habitat da jovem floresta (3 anos). Além das árvores que foram mantidas, a floresta jovem apresenta algumas plantas arbustivas e indivíduos jovens de algumas espécies de árvores, com cerca de 2,5 m de altura, existindo ainda muitos trechos expostos a luz direta do sol. A variação da altura e área de copa de *S. tuberosa* na jovem floresta é similar ao registrado na floresta madura.

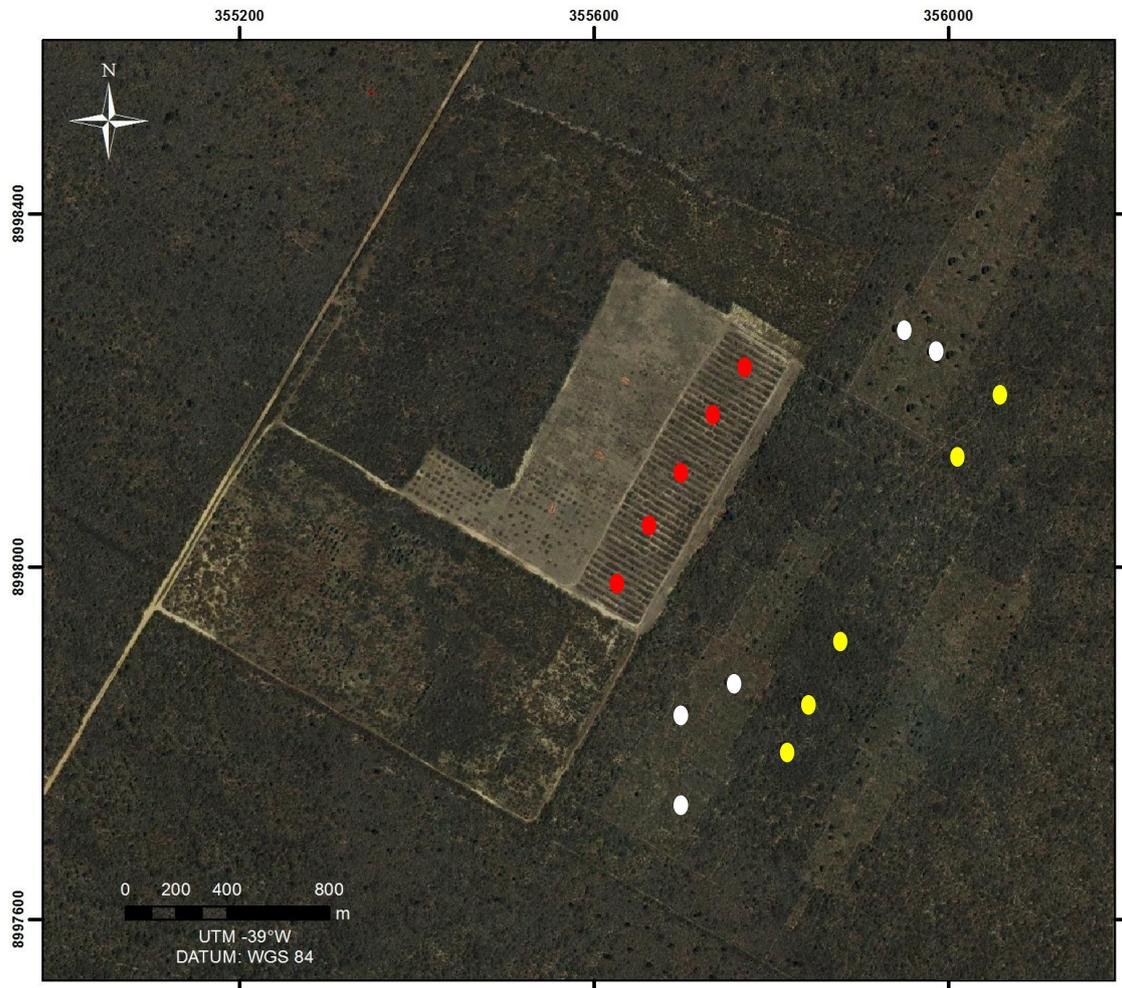
O BAG de *S. tuberosa* (terceiro habitat) dista 70 m do habitat da jovem floresta e 170 m do habitat da floresta madura e foi implantado no campo experimental da Embrapa Semiárido em 1996, com genótipos de umbuzeiro de diferentes áreas da

caatinga, dispostos em fileiras com distância entrelinhas de 8m. O BAG é limpo anualmente, com a utilização de tratores, sendo eliminadas todas as plantas que se estabeleçam entre os genótipos conservados. As árvores de *S. tuberosa* no BAG tem altura variando de 2 a 2,5 m e área de copa variando de 24 a 88 m<sup>2</sup>. O sombreamento do solo no BAG ocorre exclusivamente abaixo da copa dos umbuzeiros. O BAG de *S. tuberosa* foi formado por trata-se de uma espécie de Anacardiaceae, endêmica da vegetação de caatinga e de valor alimentício e medicinal, sendo consumida *in natura* ou utilizada no fabrico de doces, sucos e remédios (Folegatti et al. 2003; Florentino et al. 2007; Lins Neto et al. 2010). *S. tuberosa* é protegida por lei por sofrer elevada pressão de uso, não sendo permitido o corte da mesma dentro do campo experimental da Embrapa.

As comunidades rurais que vivem nas diferentes regiões da caatinga também mantêm as árvores de *S. tuberosa* em suas áreas de agricultura e pastagem, bem como nos quintais de suas residências por apreciarem o sombreamento fornecido pela copa da planta, além de seus frutos (Lins-Neto et al. 2012). Assim, visando avaliar o papel da prática de manutenção de árvores isoladas em áreas modificadas pelas das comunidades rurais, *S. tuberosa* foi selecionada como planta focal desse estudo por formar grandes áreas de copa que sombreia o solo e por não possibilitar o estabelecimento de outras árvores abaixo de sua copa.

Para avaliar a influência do sombreamento fornecido pela copa de *S. tuberosa* sobre a composição florística e densidade da vegetação herbácea foram selecionadas 15 árvores, distribuídas aleatoriamente entre os três habitats do campo experimental da Embrapa Semiárido, sendo 5 árvores na floresta madura, 5 árvores na jovem floresta e 5 árvores no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de *S. tuberosa* (Figura 1). Foi tomado

o cuidado de selecionar árvores de *S. tuberosa* afastadas das demais árvores das florestas, para evitar a sobreposição de copa e o aumento do sombreamento.

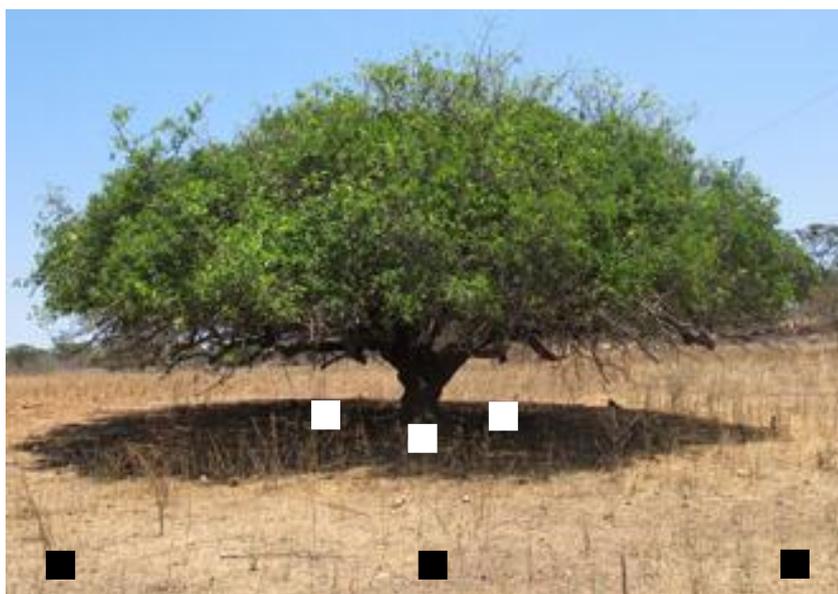


**Fig. 1** Localização dos indivíduos de *S. tuberosa* selecionados nas áreas de estudo, dentro do Campo Experimental da Caatinga, Embrapa Semiárido. Pontos vermelhos = BAG de umbuzeiro; pontos brancos = jovem floresta; pontos amarelos = floresta madura.

#### *Amostragem da vegetação herbácea*

Sob a copa de cada árvore de *S. tuberosa* (condição de sombreamento natural) foram alocadas três parcelas de 1 x 1 m, disposta de uma forma triangular para melhor amostrar uma possível variação do sombreamento fornecido pela árvore. Próximo a

cada árvore selecionada de *S. tuberosa*, mas fora da projeção do sombreamento de sua copa, foram alocadas mais 3 parcelas de 1 x 1 m, tomando-se o cuidado de evitar o sombreamento de qualquer outra planta, de forma que as 3 parcelas recebessem incidência da luz direta do sol (tratamento controle). No total foram demarcadas 90 parcelas, 30 por habitat, sendo 15 no local sombreado e 15 no local a pleno sol (controle) (Fig. 2).



**Fig. 2** Vista de um indivíduo isolado de *Spondias tuberosa* com o esquema da distribuição das parcelas de 1x1m. Quadrado preto = parcela do local a pleno sol; quadrado branco = parcela sombreada pela copa de *S. tuberosa*.

No interior das parcelas todas as ervas vivas foram contadas e marcadas durante o período chuvoso da região porque as espécies herbáceas apresentam ocorrência sazonal, com muitas espécies terófitas que desaparecem da vegetação na estação seca (Reis et al. 2006; Araújo et al. 2007; Feitoza et al. 2008). Mensalmente, foram realizadas visitas às áreas de estudo para coleta de material botânico reprodutivo das espécies de ervas que não estavam floridas durante a primeira amostragem. Foi definido

como erva, toda planta com caule verde e com ausência ou baixo nível de lignificação (Reis et al. 2006).

#### *Análise dos dados*

O material botânico coletado foi herborizado, segundo as técnicas usuais de preparação, secagem e montagem de exsicatas (Mori et al. 1989). A identificação foi realizada por comparações com material depositado no Herbário do Trópico Semiárido (HTSA) e através do auxílio de chaves taxonômicas e de bibliografia especializada. Material com identificação problemática ou duvidosa foi enviado a especialistas do grupo. Foi adotado para classificação das espécies o sistema “Angiosperm Phylogeny Group” – APG III, seguindo a base nomenclatural do Missouri Botanical Garden/W3tropicos. A coleção das três áreas foi incorporada ao acervo do Herbário Trópico Semi-Árido (HTSA).

Os dados de densidade das três parcelas por árvore de *S. tuberosa* de cada local (abaixo da copa e a pleno sol) foram somados para eliminar as pseudo-réplicas, de forma que cada árvore de *S. tuberosa* torne-se uma réplica verdadeira. Para controlar o efeito da densidade sobre a riqueza de espécies, o dado da riqueza da cada parcela foi dividido por seu número de indivíduos, representando uma riqueza normalizada ou *per capita*. Diferenças na riqueza média normalizada e na densidade média de herbáceas entre os locais de sombreamento aninhados dentro dos habitats foram avaliadas por uma ANOVA aninhada, com teste *a posteriori* de Tukey HSD, utilizando o programa Statistica 7,0.

A densidade total de herbácea por hectare foi estimada para cada local (parcelas sombreada e a pleno sol) dentro de cada habitat (floresta jovem, floresta madura e BAG) e diferença na proporção de densidade total da assembleia entre as condições de

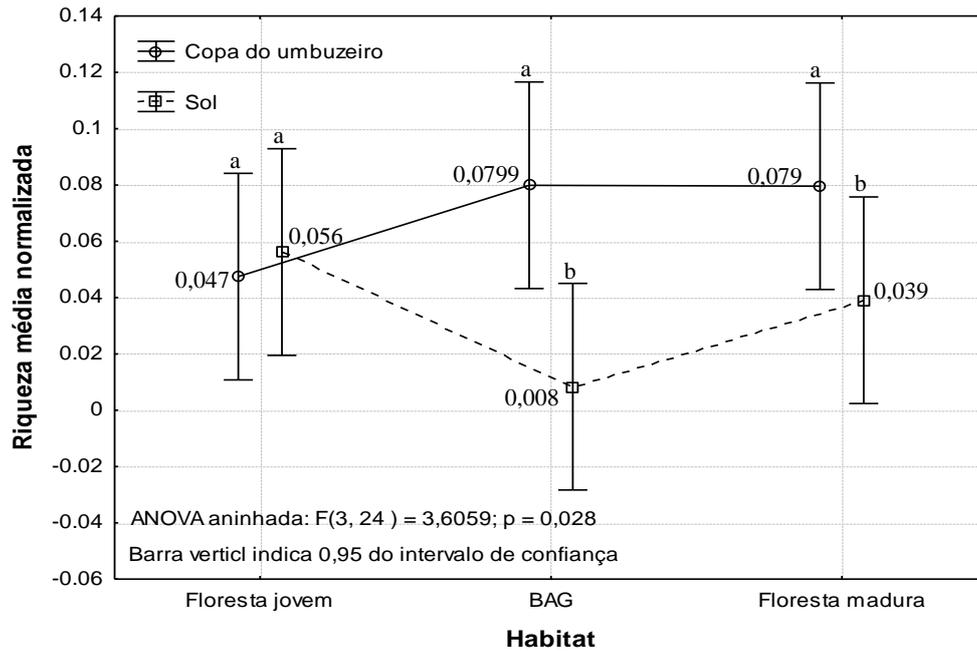
pleno ou sombreada pela copa de *S. tuberosa* em cada habitat foi verificada pelo teste de *Qui-quadrado*, utilizando o programa o programa Biostat 5,0 (Ayres et al. 2007).

## **Resultados**

### *Riqueza e densidade de ervas versus habitat e sombreamento*

A riqueza total de espécies e famílias herbáceas do BAG de *S. tuberosa*, da jovem floresta e da floresta madura foi de 29, 19 e 23 espécies e 16, 14 e 18 famílias, respectivamente (Tabela 1), existindo diferença estatística entre as condições abaixo da copa e sob incidência direta da luz solar (Tabela 2). A riqueza média normalizada de espécies a pleno sol no BAG e na floresta madura foi significativamente menor quando comparada à registrada sob a copa de *S. tuberosa* no BAG e na floresta madura, bem como nas duas condições da floresta jovem (Fig. 3). Contudo, abaixo da copa do umbuzeiro entre habitats, bem como entre as duas condições da floresta jovem não foram constadas diferenças significativas na riqueza média de espécies (Fig. 3).

Euphorbiaceae (4 espécies) e Malvaceae (5 espécies) foram as famílias com maior número de espécies na jovem floresta e no BAG, respectivamente. As famílias Amaranthaceae, Lamiaceae e Molluginaceae ocorreram apenas no BAG e Amaryllidaceae apenas na floresta madura. As espécies *Croton lobatus*, *Passiflora foetida*, *Turnera ulmifolia*, *Brachiaria decumbens*, *Portulaca pilosa* e *Diodia teres* ocorreram apenas no BAG; *Piriqueta viscosa*, *Zephyranthes sylvatica* e *Hybanthus calceolaria* ocorreram apenas na floresta madura e *Melocactus bahiensis* ocorreu apenas na jovem floresta (Tabela 1).

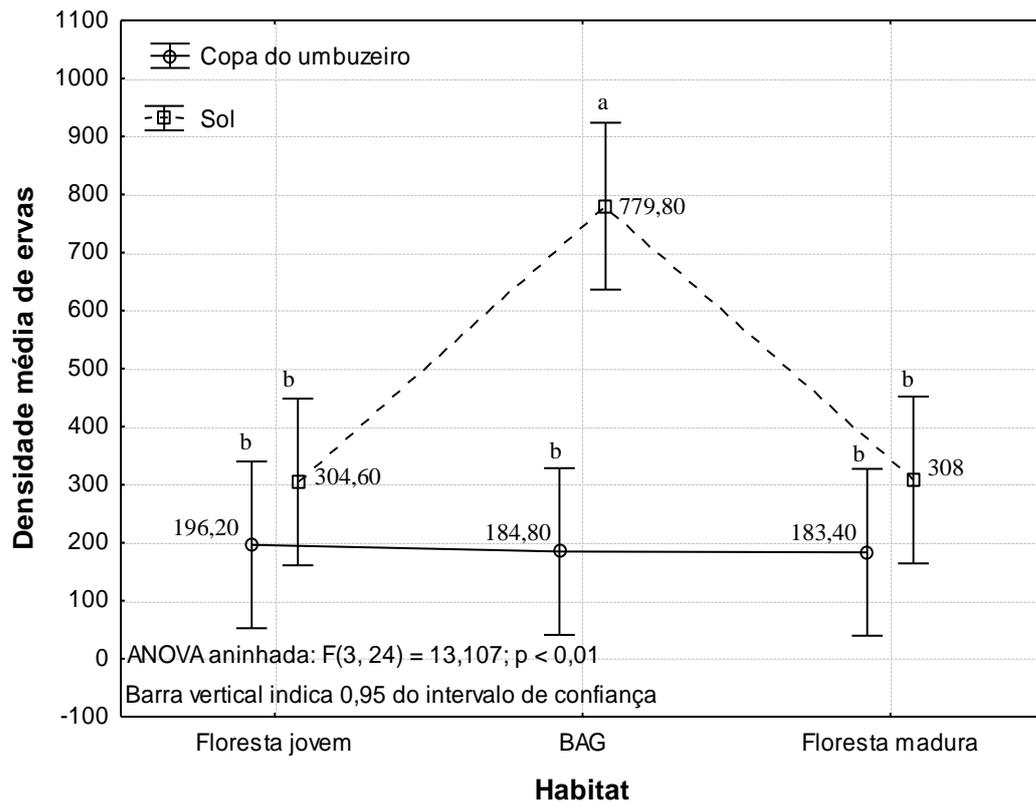


**Fig. 3.** Diferença na riqueza média normalizada de espécies herbáceas entre locais sombreados e não sombreados pela copa de *S. tuberosa* em três áreas com vegetação de caatinga, Petrolina-PE. Letras diferentes entre locais e entre habitats indicam diferença significativa pelo teste de Tukey HSD a 5%.

As cinco espécies com maior densidade populacional foram: *Diodia teres*, *Alternanthera ficoidea*, *Brachiaria decumbens*, *Centrathrum punctatum* e *Bernardia sidoides* no BAG; *Selaginella convoluta*, *Cyperus aristatus*, *Digitaria horizontales*, *Neoglaziovia variegata*, *C. aristatus* e *C. punctatum* na jovem floresta e *D. teres*, *A. ficoidea*, *Phyllanthus niruri*, *Spermacoce verticilata* e *Panicum trichoides* na floresta madura, mostrando existir diferenças na composição de espécies que se destacam em densidade entre as áreas (Tabela 1).

Apesar das entrelinhas do BAG passar por um processo de limpeza anual, a densidade média de herbáceas a pleno sol desta área foi significativamente maior tanto em relação à condição sombreada abaixo da copa do umbuzeiro quanto em relação as duas condições das florestas madura e jovem (Fig. 4). Contudo, considerando a

densidade total foram constatadas diferenças significativas na proporção do número de ervas entre as condições de sombreamento e de não sombreamento no BAG ( $\chi^2 = 1835$ ;  $p < 0,0$ ), na jovem floresta ( $\chi^2 = 78211$ ;  $p < 0,01$ ) e na floresta madura ( $\chi^2 = 78385$ ;  $p < 0,01$ ), sendo sempre mais elevada na condição de não sombreamento (Tabela 3).



**Fig. 4** Diferença na densidade média de indivíduos entre locais sombreados e não sombreados pela copa de *S. tuberosa* em três áreas com vegetação de caatinga, Petrolina-PE. Letras diferentes entre locais e entre habitats indicam diferença significativa pelo teste de Tukey HSD a 5%.

**Tabela 1.** Densidade absoluta (ind.ha<sup>-1</sup>) das espécies herbáceas amostradas nas parcelas sombreadas e a pleno sol dos habitats BAG (Banco Ativo de Germoplama), jovem floresta e floresta madura da vegetação da caatinga.

ESPÉCIES - FAMÍLIAS	DENSIDADE					
	BAG		JOVEM FLORESTA		FLORESTA MADURA	
	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA
<i>Alternanthera ficoidea</i> (L.) P. Beauv.- Amaranthaceae	-	43333	-	-	-	-
<i>Alternanthera tenella</i> Colla – Amaranthaceae	667	-	-	-	-	-
<i>Bernardia sidoides</i> (Klotzsch) Müll. Arg. – Euphorbiaceae	5333	22000	4000	-	1250	2667
<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. – Poaceae	26667	2667	-	-	-	-
<i>Centratherum punctatum</i> Cass. – Asteraceae	2000	21333	103333	18667	17500	29333
<i>Commelina benghalensis</i> L. – Commelinaceae	-	-	-	667	625	667
<i>Corchorus argutus</i> Kunth – Malvaceae	-	20000	32667	16000	10625	20000
<i>Croton glandulosus</i> L. - Euphorbiaceae	-	667	2000	1333	625	-
<i>Croton lobatus</i> L. - Euphorbiaceae	4000	1333	-	-	-	-
<i>Cuphea</i> sp. – Lythraceae	-	667	35333	10000	12500	8667
<i>Cyperus aristatus</i> Rottb. – Cyperaceae	8000	8000	124000	6667	285625	12667
<i>Digitaria horizontales</i> Willd. – Poaceae	-	2667	64667	218000	625	2667
<i>Diodia teres</i> Walter – Rubiaceae	2536667	435333	-	-	-	-
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L. - Euphorbiaceae	667	-	12000	-	2500	2000
<i>Herissanthia crista</i> (L.) Brizicky. – Malvaceae	5333	667	-	-	-	-
<i>Hybanthus calceolaria</i> (L.) Oken - Violaceae	-	-	-	-	625	-
<i>Hyptis brevipes</i> Poit. - Lamiaceae	-	8000	-	-	-	-
<i>Hyptis salzmännii</i> Benth. - Lamiaceae	667	667	-	-	-	-
<i>Marsypianthes</i> sp. - Lamiaceae	-	1333	-	-	-	-
<i>Melocactus bahiensis</i> (Britton & Rose) Luetzelb. - Cactaceae	-	-	667	-	-	-

ESPÉCIES - FAMÍLIAS	DENSIDADE					
	BAG		JOVEM FLORESTA		FLORESTA MADURA	
	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA
<i>Melochia pyramidata</i> L. - Malvaceae	-	667	-	-	-	-
<i>Microtea glochidiata</i> Moq. - Phytolacaceae	-	667	14000	-	-	667
<i>Mollugo verticillata</i> L. – Molluginaceae	-	667	-	-	-	-
<i>Neoglaziovia variegata</i> Mez. – Bromeliaceae	-	-	50667	138000	11250	20667
<i>Panicum trichoides</i> Sw. - Poaceae	-	-	20000	102667	61875	55333
<i>Passiflora foetida</i> L. - Passifloraceae	667	3333	-	-	-	-
<i>Phyllanthus niruri</i> L. – Phyllanthaceae	-	2000	66000	73333	122500	240667
<i>Piriqueta viscosa</i> Griseb. - Passifloraceae	-	-	-	-	7500	3333
<i>Portulaca oleracea</i> L. - Portulacaceae	-	5333	-	-	1875	-
<i>Portulaca pilosa</i> L. - Portulacaceae	3333	2667	-	-	-	-
<i>Portulaca umbraticola</i> Kunth – Portulacaceae	667	8000	-	-	6875	8000
<i>Schwenckia</i> sp. – Solanaceae	-	-	6000	5333	-	2000
<i>Selaginella convoluta</i> (Arn.) Spring. - Selaginellaceae	-	-	398000	63333	321250	188000
<i>Sida rhombifolia</i> L. - Malvaceae	667	2000	-	-	-	-
<i>Spermacoce suaveolens</i> (G. Mey.) Kuntze - Rubiaceae	-	-	4667	-	2500	667
<i>Spermacoce verticilata</i> L. – Rubiaceae	667	18667	76667	-	83125	10667
<i>Tacinga inamoena</i> (K. Schum) N.P. Taylor & Stuppy - Cactaceae	-	-	667	-	6875	2667
<i>Turnera ulmifolia</i> L. – Turneraceae	-	3333	-	-	-	-
<i>Waltheria rotundifolia</i> Schrank – Malvaceae	3333	-	-	-	-	-
<i>Zephyranthes sylvatica</i> Baker- Amaryllidaceae	-	-	-	-	4375	-

**Tabela 2.** Sumário da análise do Modelo Linear Generalizado (GLM) ANOVA aninhada para o efeito do habitat (floresta madura, floresta jovem e BAG) e do local (copa de umbuzeiro e sol) da área sobre a riqueza de espécies e densidade média de ervas em uma área de caatinga de Petrolina, Pernambuco.

	Densidade (ind.m <sup>-2</sup> )					Riqueza normalizada				
	DF	SS	MS	F	P	DF	SS	MS	F	P
Intercepto	1	3190889	3190889	131,62	0,00	1	0,080	0,0803	50,83	0,00
Habitat	2	365931	182965	7,55	0,00	2	0,001	0,0005	0,36	0,69
Local(habitat)	3	953252	317751	13,11	0,00	3	0,017	0,0059	3,61	0,03
Erro	24	581813	24242			24	0,037	0,0015		

**Tabela 3.** Atributos estruturais da assembleia herbácea ocorrente nas parcelas sombreadas e não sombreadas no BAG, jovem floresta, floresta madura do Campo Experimental da Embrapa Semiárido, Petrolina – PE. Letras diferentes entre colunas de uma mesma área indicam diferenças estatísticas pelo teste do *Qui-Quadrado*.

ATRIBUTOS ESTRUTURAIS	BAG		JOVEM FLORESTA		FLORESTA MADURA	
	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA
<b>Riqueza</b>						
Nº de Espécies	16	26	18	12	21	19
Média	3,60	6,26	7,53	5,26	5,73	5,4
Erro Padrão	0,47	2,05	0,70	0,41	0,45	0,63
<b>Densidade</b>						
Densidade Total (ind.ha <sup>-1</sup> )	2.599.333a	616.000b	1.015.333a	654.000b	962.500a	611.333b
Nº de Indivíduos (ind.15m <sup>-2</sup> )	3.899a	924b	1.523a	981b	1.540a	917b
Média	259,93	61,60	101,53	65,4	102	61,13
Erro Padrão	35,96	15,51	16,05	43,2	18,45	11,96

## Discussão

O papel de árvore isolada avaliado neste estudo sinalizou para uma tendência de interação positiva entre árvore e riqueza média de espécies herbáceas, confirmando os relatos de que o sombreamento provocado pelas copas de árvores em áreas semiáridas pode ter efeito positivo sobre a riqueza de espécies e produção de matéria seca (Belsky 1992; Grouzis e Akpo 1995; Riginos et al. 2009). O sombreamento conferido pela copa das árvores pode modificar as condições microclimáticas, reduzindo a evaporação. Em adição, muitas árvores de ambientes secos são decíduas e a decomposição das folhas que caem abaixo da copa podem aumentar a fertilidade do solo (Belsky 1992; Grouzis e Akpo 1997; Riginos et al. 2009). Além disso, Fuller (1999) registrou que em ambientes secos o sombreamento das árvores isoladas pode reduzir o estresse hídrico do solo e evitar a senescência precoce e morte das ervas. O sombreamento é ainda considerado de extrema importância em áreas antrópicas por favorecer não apenas a riqueza e produção de biomassa de ervas (Akpo e Grouzis 1995), mas também por favorecer o estabelecimento de plântulas de espécies arbóreas (Pugnaire et al. 2011; Holmgren et al. 2012).

Por outro lado, a elevada densidade total de ervas registrada neste estudo na condição de sol, evidencia uma tendência oposta, ou seja, indica que o estabelecimento de espécies herbáceas é favorecido em áreas exposta à luz do sol. Logo, o papel da prática de manutenção de árvores isoladas em paisagens antropogênicas (o que ocorre com elevada frequência quando se trata da espécie *S. tuberosa*, Lins-Neto et al. 2012) pode ter um papel negativo sobre o aumento da biomassa herbácea, apesar de em média tal tendência não ter sido confirmada em todos os habitats analisados.

Interação negativa entre árvores e ervas já havia sido relatada em outros ambientes restritivos (Kessler e Bremam 1991; Kessler 1992; Kater et al. 1992; Mordelet e Menaut 1995). Por exemplo, em ambientes com baixa disponibilidade de água, árvores e ervas podem interagir negativamente e competir pelo recurso água (Kessler e Bremam 1991), o que pode

alterar a estrutura da assembleia herbácea e até mesmo provocar o desaparecimento local de algumas espécies não resistentes a pouca disponibilidade de água (Reis et al. 2006; Belay e Moe 2012). A temperatura do ar e intensidade luminosa inicialmente podem favorecer ao estabelecimento da vegetação herbácea abaixo da copa das árvores, mas com o aumento do stress hídrico esse efeito não persiste e ocorre competição entre ervas e árvores, resultando em maior densidade de ervas fora da influência do sombreamento da copa (Jankju 2013).

É possível que interações competitivas por água tenham ocorrido entre *S. tuberosa* e as ervas, mas o nível dessas interações não foi mensurado nesse estudo. Por outro lado, as parcelas ensolaradas perdem água mais rápido e o estresse hídrico deveria ser maior nas mesmas, o que deveria levar a uma menor densidade de ervas, porém o oposto foi registrado nesse estudo, deixando a indagação sobre o que justificaria tal fato.

Outra possibilidade seria a existência de uma interação entre as características biológicas da árvore sombreadora e as características climáticas do ambiente, pois em ambientes sazonais a vegetação lenhosa perde as folhas no período de estiagem que pode durar seis meses (Figuerola et al. 2006; Araújo et al. 2007) e as folhas do umbuzeiro apresentam compostos fenólicos (Nascimento-Silva et al. 2008; Oliveira et al. 2012) que são liberados para o solo durante a decomposição, sendo possível que a vegetação herbácea reflita o efeito alelopático destes compostos no período chuvoso, resultando numa menor densidade total de ervas sob a copa *S. tuberosa*. No BAG, condição monodominante de umbuzeiro e, portanto, passível de uma maior concentração de compostos fenólicos no solo, a densidade de ervas foi extremamente elevada na condição de sol. Contudo, vale ressaltar que a presença de compostos fenólicos não impede a renovação do componente herbáceo, uma vez que também houve riqueza e densidade de espécies abaixo da copa do umbuzeiro.

Por fim, mesmo não tendo sido visualizado neste estudo um efeito médio positivo da manutenção de árvores isoladas totalmente similar entre os habitats sobre a densidade da assembleia de herbáceas, vale destacar que tal prática, em geral, como já comentado, tende a

ter efeito positivo sobre a riqueza de espécies em áreas antropogênicas, por servir de poleiros naturais para dispersores que podem trazer sementes para a regeneração da floresta, possibilitando com o tempo o surgimento de uma nova floresta e a conectividade de paisagens antropizadas (Lopes et al. 2012). Aliás, a prática de simular a presença de árvores (postes artificiais) inclusive já vem sendo adotada em algumas áreas para facilitar o movimento dos animais (Taylor e Goldingay 2012), o que possibilita a dispersão de propágulos e aumenta o potencial de resiliência das florestas perturbadas.

Além disso, a ausência de diferença na densidade média de ervas entre as condições de sombreamento nas florestas jovem e madura, evidenciada neste estudo, sinaliza que o tempo de três anos foi suficiente para que o impacto do corte raso sobre a estrutura da assembleia de herbáceas deixe de ser perceptível (confirmando o registrado no capítulo 1 desta tese). Todavia, o fato de algumas espécies só ter sido registradas na floresta madura, como, por exemplo, *Zephyranthes sylvatica*, mostra que ainda é possível visualizar o efeito do manejo do tipo corte raso na composição da assembleia de herbáceas.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Botânica pelo apoio; a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa durante a execução da pesquisa; Ao CNPq pelo apoio financeiro (processos 471805/2007-6 e 4772392009-9) e bolsas de pesquisa dos autores; aos membros do Laboratório de Ecologia dos Ecossistemas Nordestinos pela ajuda disponibilizada; aos gestores da Embrapa Semiárido pelo apoio logístico e ao Laboratório de Ecologia da Embrapa Semiárido pela ajuda na coleta e análise dos dados.

## Referências

- Akpo LE, Grouzis M (1995) L'arbre et l'herbe au Sahel: effets de l'arbre sur la composition chimique des pâturages naturels du Nord-Senegal (Afrique de l'Ouest). *Revue Médecine Vétérinaire* 146(10): 663-670.
- Araújo EL, Albuquerque UP, Castro CC (2007) Dynamics of Brazilian caatinga - a review concerning the plants, environment and people. *Functional Ecosystems and Communities* 1:15-29.
- Ayres M, Ayres-Júnior M, Ayres DL, Santos AA (2007) Bioestat – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. ONG Mamirauá, Belém.
- Belay TA, Moe SR (2012) Woody dominance in a semi-arid savanna rangeland e evidence for competitive self-thinning. *Acta Oecologica* 45: 98-105.
- Belsky AJ (1992) Effects of trees on nutritional quality of understory gramineous forage in tropical savannas. *Tropical Grasslands* 26: 12-20
- Burgos N, Cavalcanti AC (1990) Levantamento detalhado de solos da área de sequeiro do CPATSA, Petrolina-PE. *Boletim de Pesquisa* 38, EMBRAPA, Brasília.
- Burkey TV, Reed DH (2006) The effects of habitat fragmentation on extinction risk: Mechanisms and synthesis. *J Sci Technol* 28(1): 9-37.
- Calixto-Junior JT, Drumond MA (2011) Estrutura fitossociológica de um fragmento de caatinga *sensu stricto* 30 anos após corte raso, Petrolina-Pe, Brasil. *Revista Caatinga* 24(2): 67-74.
- Callaway RM, Walker LR (1997) Competition and facilitation: A synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology* 78(7): 1958-1965.
- Feitoza MOM, Araújo EL, Sampaio EVSB, Kill LHP (2008) Fitossociologia e danos foliares ocorrentes na comunidade herbácea de uma área de caatinga em Petrolina, PE. In: Moura AN, Araújo EL, Albuquerque UP (Eds) Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos (1), Comunigra/Nuppea, pp 11-38.

- Figuerola JM, Pareyn FG, Araújo EL et al (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.
- Florentino ATN, Araújo EL, Albuquerque UP (2007) Contribuição de quintais agroflorestais na conservação de plantas da Caatinga, Município de Caruaru, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 21(1): 37-47.
- Folegatti MIS, Matsuura FCAU, Cardoso RL, Machado SS, Rocha AS, Lima RR (2003) Aproveitamento industrial do umbu: processamento de geléia e compota. *Ciência Agrotécnica* 27: 1308-1314.
- Fuller DO (1999) Canopy phenology of some mopane and miombo woodlands in eastern Zambia. *Global Ecology and Biogeography* 8: 199-209.
- Grouzis M, Akpo LE (1997) Influence of tree cover on herbaceous above- and below-ground phytomass in the Sahelian zone of Senegal. *Journal of Arid Environments* 35:285-296.
- Gu W, Heikkilä R, Hanski I (2002) Estimating the consequences of habitat fragmentation on extinction risk in dynamic landscapes. *Landscape Ecology* 17: 699-710.
- Holmgren M, Gómez-Aparicio L, Quero JL, Valladares F (2012) Non-linear effects of drought under shade: reconciling physiological and ecological models in plant communities. *Oecologia* 169: 293-305.
- Holmgren M, Scheffer M, Huston MA (1997) The interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecology* 78:1966–1975.
- Jankju M (2013) Role of nurse shrubs in restoration of an arid rangeland: Effects of microclimate on grass establishment. *Journal of Arid Environments* 89: 103-109.
- Kater LJM, Kante S, Budelman A (1992) A Karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) associated with crops in South Mali. *Agroforestry Systems* 18:89–106.
- Kessler JJ, Breman H (1991) The potential of agroforestry to increase primary production in the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. *Agroforestry Systems* 13: 41-62.

- Kessler JJ (1992) The influence of Karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) trees on sorghum production in Burkina Faso. *Agroforestry systems* 17: 97-118.
- Krebs C (1989) *Ecological Methodology*. Harper & Row Publishers, New York 654p.
- Lins-Neto EMF, Peroni N, Albuquerque UP (2010) Traditional Knowledge and Management of Umbu (*Spondias tuberosa*, Anacardiaceae): An Endemic Species from the Semi-Arid Region of Northeastern Brazil. *Economic Botany* 64(1): 11-21.
- Lins-Neto EMF, Peroni N (2012) Analysis of umbu (*Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae) in different landscape management regimes. *Environ Monit Assess* 184: 4489-4499.
- Lopes CGC, Ferraz EMN, Castro CC, Lima EN, Araújo EL (2012) Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region *Forest Ecology and Management* 271: 115-123.
- Maestre FT, Callaway RM, Valladares F, Lortie CJ (2009) Refining the stress gradient hypothesis for competition and facilitation in plant communities. *Journal of Ecology* 97, 199-205.
- Mordelet P, Menaut JC (1995) Influence of trees on aboveground production dynamics of grasses in a humid savanna, *Journal of Vegetation Science* 6: 223-228.
- Mori AS, Silva LAM, Lisboa G (1989) *Manual de manejo do herbário fanerogâmico*. 2.ed. - Centro de Pesquisa do Cacau, Ilhéus. 104 pp.
- Mullah CJA, Totland Ø, Klanderud K (2012) Recovery of Plant Species Richness and Composition in an Abandoned Forest Settlement Area in Kenya. *Restoration Ecology* 20(4): 462-474.
- Nascimento CES, Rodal MJN, Cavalcanti AC (2003) Phytosociology of the remaining xerophytic woodland associated to an environmental gradient at the banks of the São Francisco river - Petrolina, Pernambuco, Brazil. *Revista Brasil Botanica* 26(3): 271-287.

- Nascimento-Silva O, Chinalia LA, Paiva JGA (2008) Caracterização histoquímica dos folíolos de *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae Lindl). *Caatinga* 21(3): 62-68.
- Nikiema P, Nzokou P, Rothstein D (2012) Effects of groundcover management on soil properties, tree physiology, foliar chemistry and growth in a newly established Fraser fir (*Abies fraseri* (Pursh) Poir) plantation in Michigan, United States of America. *New Forests* 43:213-230.
- Oliveira AK, Coelho MFB, Maia SSS, Diógenes FÉP, Medeiros-Filho S (2012) Atividade alelopática de extratos de diferentes partes de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart - Rhamnaceae). *Acta Botanica Brasilica* 26(3): 685-690.
- Pugnaire FI, Haase P, Puigdefabregas J, Cueto M, Clark SC, Incoll LD (1996) Facilitation and succession under the canopy of a leguminous shrub, *Retama sphaerocarpa* in a semiarid environment in southeast Spain. *Oikos* 76: 455-464.
- Pugnaire FI, Armas C, Maestre FT (2011) Positive plant interactions in the Iberian Southeast: Mechanisms, environmental gradients, and ecosystem function. *Journal of Arid Environments* 75: 1310-1320.
- Reis AM, Araújo EL, Ferraz EMN, Moura AN (2006) Inter-annual variations in the floristic and population structure of an herbaceous community of “Caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 29 (3): 497-508.
- Riginos C, Grace JB, Augustine DJ, Young TP (2009) Local versus landscape-scale effects of savanna trees on grasses. *Journal of Ecology* 97(6): 1337-1345.
- Scarano FR (2002) Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. *Ann Bot* 90: 517-524.
- Sherpherd GJ (1995) Fitopac 1. Manual do usuário. Departamento de Botânica, UNICAMP.
- Siddiqui S, Bhardwaj S, Khan SS, Meghvanshi MK (2009) Allelopathic Effect of Different Concentration of Water Extract of *Prosopis Juliflora* Leaf on Seed Germination and

Radicle Length of Wheat (*Triticum aestivum* Var-Lok-1) American-Eurasian. *Journal of Scientific Research* 4(2): 81-84.

Taylor BD, Goldingay RL (2012) Restoring Connectivity in Landscapes Fragmented by Major Roads: A Case Study Using Wooden Poles as “Stepping Stones” for Gliding Mammals. *Restoration Ecology* 20(6): 671–678.

Van der Waal C, Kroon H, Boer WF, et al (2009) Water and nutrients alter herbaceous competitive effects on the seedlings in a semi-arid savanna. *Journal of Ecology* 97: 430-439.

Wandscheer ACD, Borella J, Bonatti LC, Pastorini LH (2011) Atividade alelopática de folhas e pseudofrutos de *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae) sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). *Acta Botanica Brasilica* 25(1): 25-30.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vegetação da caatinga ocupa maior a extensão do nordeste brasileiro e vem sendo reduzida e modificada por ações antrópicas, sobretudo atividades agropastoris. No entanto, muitas das espécies desse tipo de vegetação têm importância reconhecida e as comunidades que reside dentro deste domínio vegetacional selecionam espécies de valor reconhecido e geralmente as mantêm dentro das áreas de agricultura e pastagem, de forma que na paisagem é comum visualizar a ocorrência de árvores isoladas. Algumas das áreas modificadas são abandonadas pós-uso e apresentam potencial de regeneração. Assim, os capítulos dessa tese foram voltados a avaliar os fatores que afetam a composição e a estrutura de herbáceas, bem como, avaliar o papel de árvores isoladas na regeneração do componente herbáceo.

Em relação à influência dos fatores que afetam a composição e a estrutura da assembleia de herbáceas, o manejo (do tipo raleamento) influenciou a estrutura e a composição do estrato herbáceo na caatinga. O raleamento da vegetação causa, pelo menos nos primeiros anos (3 a 4 anos), mudanças significativas na riqueza média de espécies herbáceas, tendo como referência a área preservada. A vegetação herbácea se recupera do impacto causado pelo corte raso em um tempo relativamente curto, mas a presença de espécies que ocorreram exclusivamente na área preservada mostra que, no tocante à composição da assembleia de herbácea, existem diferenças na sensibilidade das espécies e que algumas delas necessitam de área conservada de vegetação para o seu desenvolvimento.

A quantidade de chuva entre anos pode favorecer o aumento das densidades populacionais em áreas de caatinga manejadas. Entretanto, nas áreas estudadas, as variações dos totais pluviométricos entre anos não exerceram influência na riqueza e nos tamanhos das populações de herbáceas.

Interação planta-planta é discutida na literatura como um fator que pode influenciar a riqueza de espécies e a estrutura da vegetação. Este estudo mostrou que o estabelecimento das herbáceas é favorecido em áreas mais exposta à luz solar, apontando que a interação entre os indivíduos de *Spondias tuberosa* e as ervas tem efeito negativo sobre a densidade e efeito positivo sobre a riqueza média de espécies.

# ANEXOS

## FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT

### GUIDE FOR AUTHORS

#### INTRODUCTION

Forest Ecology and Management publishes scientific articles that link forest ecology with forest management, and that apply biological, ecological and social knowledge to the management and conservation of man-made and natural forests. The scope of the journal includes all forest ecosystems of the world.

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

Authors should demonstrate a clear link with forest ecology and management. For example, papers dealing with remote sensing are acceptable if this link is demonstrated, but not acceptable if the main thrust is technological and methodological. Similarly, papers dealing with molecular biology and genetics may be more appropriate in specialized journals, depending on their emphasis. The journal does not accept articles dealing with agro-forestry. The journal does not recognize 'short communications' as a separate category.

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

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

We now receive many more submissions than we can publish. Many papers are rejected because they do not fit within the aims and scope detailed above. Some examples include:

1. Papers in which the primary focus is, for example, entomology or pathology or soil science or remote sensing, but where the links to, and implications for, forest management are not clear and have not been strongly developed;
2. Model-based investigations that do not include a substantial field-based validation component;
3. Local or regional studies of diversity aimed at the development of conservation policies;
4. The effects of forestry practices that do not include a strong ecological component (for example, the effects of weed control or fertilizer application on yield);
5. Social or economic or policy studies (please consider our sister journal, 'Forest Policy and Economics').

#### Types of paper

1. Regular papers. Original research papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.

2. Review articles. Review articles are welcome but should be topical and not just an overview of the literature. Before submission please contact one of the Chief Editors.

3. Papers for Special Issues. Forest Ecology and Management publishes Special Issues from time to time. If your paper has been invited by a Guest Editor as a contribution to a Special Issue, please mark it as such on the title page.

### **Contact details for submission**

P. Attiwill - School of Botany, The Australian Centre, University of Melbourne  
16 Wonga Road, Ringwood, Victoria 3134, Australia  
Tel: +61 3 9870 3034, Fax: +61 3 9870 3034  
E-mail: [attwill@unimelb.edu.au](mailto:attwill@unimelb.edu.au)

T.S. Fredericksen - Ferrum College, Life Science Division  
80 Wiley Drive, Ferrum, VA 24088, USA  
E-mail: [tfredericksen@ferrum.edu](mailto:tfredericksen@ferrum.edu)

D.Binkley - Colorado State University, Colorado Forest Restoration Institute  
Fort Collins, CO 80523, USA  
E-mail: [Dan.Binkley@Colostate.edu](mailto:Dan.Binkley@Colostate.edu)

J-P. Laclau - CIRAD/USP,ESALQ-LCF  
Caixa Postal 9, Cep 13418-900, Piracicaba SP, Brazil  
E-mail: [laclau@cirad.fr](mailto:laclau@cirad.fr)

### **BEFORE YOU BEGIN**

#### **Ethics in publishing**

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

#### **Conflict of interest**

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

#### **Submission declaration**

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

### **Changes to authorship**

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

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

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

### **Copyright**

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright see <http://www.elsevier.com/copyright>). Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

### **Retained author rights**

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights; for details you are referred to: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

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

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

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

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

### **Open access**

This journal does not ordinarily have publication charges; however, authors can now opt to make their articles available to all (including non-subscribers) via the ScienceDirect platform, for which a fee of \$3000 applies (for further information on open access see <http://www.elsevier.com/about/open-access/open-access-options>). Please note that you can only make this choice after receiving notification that your article has been accepted for publication, to avoid any perception of conflict of interest. The fee excludes taxes and other potential costs such as color charges. In some cases, institutions and funding bodies have entered into agreement with Elsevier to meet these fees on behalf of their authors. Details of these agreements are available at <http://www.elsevier.com/fundingbodies>. Authors of accepted articles, who wish to take advantage of this option, should complete and submit the order form (available at <http://www.elsevier.com/locate/openaccessform.pdf>). Whatever access option you choose, you retain many rights as an author, including the right to post a revised personal version of your article on your own website. More information can be found here: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

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

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

### **Full Online Submission**

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

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

- The author to whom we should address our correspondence (in the event of multiple authors, a single 'Corresponding Author' must be named)
- A contact address, telephone/fax numbers and e-mail address
- Details of any previous or concurrent submissions. Please see our Authors' Rights section for more copyright information.
- It is also useful to provide the Editor-in-Chief with any information that will support your submission (e.g. original or confirmatory data, relevance, topicality).

### **Submit your article**

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

### **Referees**

Authors are required to identify four persons who are qualified to serve as reviewers. Authors are requested not to suggest reviewers with whom they have a personal or professional relationship, especially if that relationship would prevent the reviewer from having an unbiased opinion of the

work of the authors. A working e-mail address for each reviewer is essential for rapid review in the event that reviewer is selected from those that are identified by the authors. You may also select reviewers you do not want to review your manuscript, but please state your reason for doing so.

## PREPARATION

### Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format, and 1.5 line-spacing and line-numbering should be used throughout. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed "graphically designed" equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on Electronic illustrations.

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

### Article structure

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

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

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

**Results** - Results should be clear and concise.

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

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

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

### Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was

done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### **Abstract**

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

### **Graphical abstract**

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

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

### **Highlights**

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

### **Keywords**

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

### Abbreviations

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

### Acknowledgements

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

### Units

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

### Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

### Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes - Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

### Artwork

#### Electronic artwork

##### *General points:*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

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

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

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

### *Formats*

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

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

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

### **Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

### **Color artwork**

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

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

### **Figure Captions**

Number figures consecutively in accordance with their appearance in the text. Ensure that each figure has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the figure. Keep text in the figures themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

### **Tables**

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

## References

### ***Citation in text***

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

### ***Web references***

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

### ***References in a special issue***

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

### ***Reference management software***

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

### ***Reference style***

Text: All citations in the text should refer to:

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

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

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

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

Examples:

Reference to a journal publication:

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

Reference to a book:

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

Reference to a chapter in an edited book:

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

### ***Journal abbreviations source***

Journal names should be abbreviated according to Index Medicus journal abbreviations: <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>;

List of title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>;

CAS (Chemical Abstracts Service): <http://www.cas.org/content/references/corejournals>.

### **Video data**

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### **Supplementary data**

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

### Submission checklist

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

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

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

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

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

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

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

### AFTER ACCEPTANCE

#### Use of the Digital Object Identifier

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

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

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

#### Proofs

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or, a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://get.adobe.com/reader>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/reader/tech-specs.html>.

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately – please let us have all your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

### **Offprints**

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail (the PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use). For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints/myarticlesservices/booklets>).

### **AUTHOR INQUIRIES**

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. For detailed instructions on the preparation of electronic artwork, please visit <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs at <http://www.elsevier.com/authorFAQ> and/or contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

## NEW FORESTS

### INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

- General

#### **Types of papers**

The types of papers include: 1) original research papers and reviews; 2) research reports and 3) book reviews and announcements. Original research papers report results of a full-blown scientific study where conclusions are based on significant findings after thorough evaluation of the topic. Research reports present a significant new finding for which there has not been time to conduct a full-blown study. Research papers and reviews will be reviewed by a coordinating editor and two reviewers. Research reports, book reviews and announcements will be reviewed by the Editor-in-Chief and, if necessary, one other reviewer.

#### **Editorial procedure**

Any revised manuscript returned to the Journal more than 90 days after review will be treated like a new manuscript.

#### **English**

All manuscripts must be submitted in standard English. It is the responsibility of the author to assure the manuscript is written in standard English. Manuscript submitted in poor quality and non-standard English will be rejected without review.

Please number and double space the lines, when submitting a paper for review.

*Please use Roman 12 font.*

#### **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**

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please

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

### **Title Page**

The title page should include:

- o The name(s) of the author(s)
- o A concise and informative title
- o The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- o 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.

### **Text**

#### **Text Formatting**

Manuscripts should be submitted in Word.

- o Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- o Use italics for emphasis.
- o Use the automatic page numbering function to number the pages.
- o Do not use field functions.
- o Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- o Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- o Use the equation editor or MathType for equations.
- o Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).
- o Word template (zip, 154 kB)

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- o 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 before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

Scientific style

- o Please always use internationally accepted signs and symbols for units (SI units).
- o Genus and species names should be in italics.
- o Please use the standard mathematical notation for formulae, symbols etc.:

Italic for single letters that denote mathematical constants, variables, and unknown quantities  
 Roman/upright for numerals, operators, and punctuation, and commonly defined functions or abbreviations, e.g., cos, det, e or exp, lim, log, max, min, sin, tan, d (for derivative)

Bold for vectors, tensors, and matrices.

### **References**

#### **Citation**

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

- o Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- o This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- o This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999).

#### **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.

- o 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

- o Article by DOI

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

- o Book

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

- o 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

- o 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

- o 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

- o [www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php](http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php)

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

- o EndNote style (zip, 3 kB)

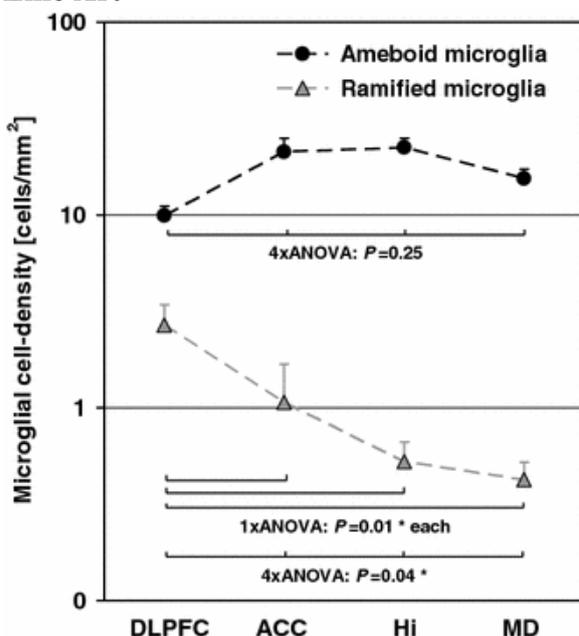
### Artwork and Illustrations Guidelines

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

### Electronic Figure Submission

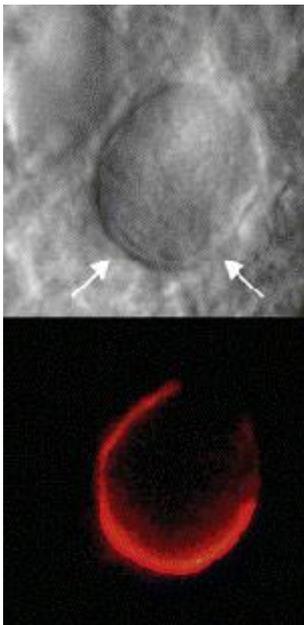
- o Supply all figures electronically.
- o Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- o For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.
- o Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- o Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

### Line Art



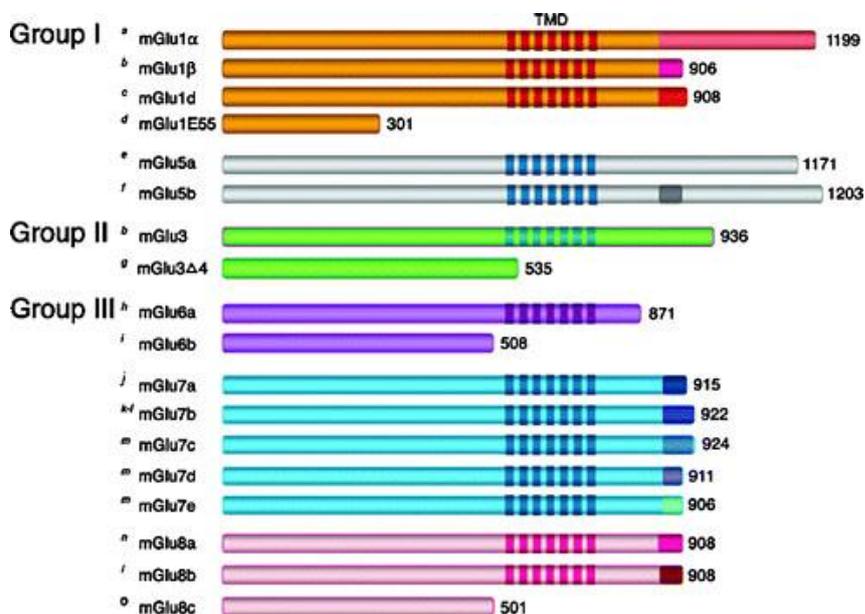
- o Definition: Black and white graphic with no shading.
- o Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- o All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- o Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- o Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

### Halftone Art



- o Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- o If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- o Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

### Combination Art



- o Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- o Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

### **Color Art**

- o Color art is free of charge for online publication.
- o 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.
- o If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- o Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

### **Figure Lettering**

- o To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- o Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- o 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.
- o Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- o Do not include titles or captions within your illustrations.

### **Figure Numbering**

- o All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- o Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- o Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- o 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**

- o 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.
- o Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- o No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- o Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- o 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**

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

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

- o All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- o Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
- o Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

### **Tables**

- o All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- o Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- o For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- o Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- o 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.

### **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**

- o Supply all supplementary material in standard file formats.
- o Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- o 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**

- o Always use MPEG-1 (.mpg) format.

**Text and Presentations**

- o Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- o A collection of figures may also be combined in a PDF file.

**Spreadsheets**

- o Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- o If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

**Specialized Formats**

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

**Collecting Multiple Files**

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

**Numbering**

- o If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- o 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”.
- o Name the files consecutively, e.g. “ESM\_3.mpg”, “ESM\_4.pdf”.

**Captions**

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

**Processing of supplementary files**

- o 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

- o The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- o 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.

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

Please contact the editing service directly to make arrangements for editing and payment.

#### For Authors from China

文章在投稿前进行专业的语言润色将对作者的投稿进程有所帮助。作者可自愿选择使用Springer推荐的编辑服务，使用与否并不作为判断文章是否被录用的依据。提高文章的语言质量将有助于审稿人理解文章的内容，通过对学术内容的判断来决定文章的取舍，而不会因为语言问题导致直接退稿。作者需自行联系Springer推荐的编辑服务公司，协商编辑事宜。

- 理文编辑

#### For Authors from Japan

ジャーナルに論文を投稿する前に、ネイティブ・スピーカーによる英文校閲を希望されている方には、Edanz社をご紹介します。サービス内容、料金および申込方法など、日本語による詳しい説明はエダンズグループジャパン株式会社の下記サイトをご覧ください。

- エダンズ グループ ジャパン

#### For Authors from Korea

영어 논문 투고에 앞서 원어민에게 영문 교정을 받고자 하시는 분들께 Edanz 회사를 소개해 드립니다. 서비스 내용, 가격 및

신청 방법 등에 대한 자세한 사항은 저희 Edanz Editing Global 웹사이트를 참조해 주시면 감사하겠습니다.

- Edanz Editing Global

#### After acceptance

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

#### Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice

article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink.

- o Springer Open Choice

### **Copyright transfer**

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

### **Offprints**

Offprints can be ordered by the corresponding author.

- **Color illustrations**

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

### **Proof reading**

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

### **Online First**

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.