

**VANESSA KELLY RODRIGUES DE ARAÚJO**

**INFLUÊNCIA DA IDADE DA FLORESTA E DA MORFOMETRIA FOLIAR SOBRE  
O CRESCIMENTO DE PLANTAS LENHOSAS JOVENS DA CAATINGA**

**RECIFE**

**2015**

**VANESSA KELLY RODRIGUES DE ARAÚJO**

**INFLUÊNCIA DA IDADE DA FLORESTA E DA MORFOMETRIA FOLIAR SOBRE  
O CRESCIMENTO DE PLANTAS LENHOSAS JOVENS DA CAATINGA**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção de título de Mestre em Botânica.

**Orientador:** Dr. Kleber Andrade da Silva (UFPE)

**Coorientadoras:** Dra. Elcida de Lima Araújo (UFRPE)

Dra. Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel (UFRPE)

RECIFE

2015

Ficha catalográfica

A663i Araújo, Vanessa Kelly Rodrigues de  
Influência da idade da floresta e da morfometria foliar sobre  
o crescimento de plantas lenhosas jovens da caatinga / Vanessa  
Kelly Rodrigues de Araújo. – Recife, 2015.  
65 f.: il

Orientador: Kleber Andrade da Silva.  
Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia,  
Recife, 2015.

Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Área foliar 2. Crescimento 3. Floresta tropical seca  
4. Sucessão I. Silva, Kleber Andrade da, orientador II. Título

CDD 581

VANESSA KELLY RODRIGUES DE ARAÚJO

INFLUÊNCIA DA IDADE DA FLORESTA E DA MORFOMETRIA FOLIAR SOBRE O  
CRESCIMENTO DE PLANTAS LENHOSAS JOVENS DA CAATINGA

Dissertação defendida em: 11.02.2015

**BANCA EXAMINADORA**

**Orientador:**

---

Prof. Dr. Kleber Andrade da Silva - UFPE

**Examinadores:**

---

Profa. Dra. Margareth Ferreira de Sales - UFRPE (Titular)

---

Dra. Luciana Dias de Oliveira - UFRPE (Titular)

---

Dra. Josiene Maria Falcão Fraga dos Santos - UFRPE (Titular)

---

Profa. Dra. Carmem Sílvia Zickel – UFRPE (Suplente)

**RECIFE**

**2015**

Dedicado à minha família e amigos. Em especial a Deus e  
Nossa senhora que sempre estiveram presentes me dando  
forças e mostrando que sou capaz.

## Agradecimentos

A Deus, por proporcionar-me a oportunidade de esta efetuando os agradecimentos que se seguem a essas pessoas maravilhosas que fizeram e fazem parte da minha vida;

À Virgem Maria, mãe de Jesus, a quem sou consagrada e tenho fé e devoção;

Ao comitê de Orientação composto por Kleber Andrade da Silva, Elcida de Lima Araújo e Rejane Magalhaes de Mendonça Pimentel, pelos importantes ensinamentos concebidos, compreensão, amizade, confiança, grande dedicação e por serem excelentes profissionais, em quem me espelho como profissionais e pessoas;

Ao CNPq pela bolsa que auxiliou na execução do presente trabalho;

Ao IPA pela infraestrutura que possibilitou a realização do trabalho em campo;

A toda equipe que compõe os Laboratórios de Ecologia Vegetal de Ecossistemas Nordestinos (LEVEN) e Laboratório de Fitomorfologia Funcional (LAFF) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo apoio e auxílio braçal nas etapas de campo e laboratório, e ensinamentos e amizade durante todos os momentos;

A todos os professores, colegas e servidores do prédio da Botânica que me auxiliaram direta e/ou indiretamente ao longo da minha formação;

Aos membros da banca pelas sugestões valiosas e avaliação criteriosa;

Aos meus inesquecíveis e adoráveis amigos Sergio Rafael, Washington Brito, Genival Junior, Rafaela, João Victor, Berenivaldo, José Ferraz, Carla Patrícia, Walmir Pires, Marília Leite, Andreza Melo, Lenilza Rodrigues e Cristiane Vicente. Em especial à Samantha Costa, por sempre estiveram ao meu lado, dando-me forças e incentivando-me a seguir em frente e lutar pelos meus sonhos, agradeço a eles pela amizade e companheirismo;

Por fim, e não por último, agradeço à minha família, especialmente à minha mãe, Maria de Fátima Rodrigues dos Santos, por todo amor, influência, determinação e luta pela minha formação e de meus irmãos, ao meu pai Djair Rodrigues de Araújo. Aos meus irmãos Julielly Rodrigues de Araújo, Cesar Henrique dos Santos Rodrigues de Araújo e Andrews Yan Rodrigues de Araújo (*in memoriam*) pelo apoio incondicional prestado. Ao meu tio, Alvandi, Cícero, á Santa. Aos meus queridos avós Antônio Marcelino dos Santos (*in memoriam*) e Francisca Silva Santos pelo seu amor e dedicação, compartilhando comigo todos os momentos, dando-me apoio, incentivo, segurança e desejando-me sempre o melhor.

Ao meu amigo e companheiro Lenilson de Oliveira Rodrigues pelo amor, companheirismo, apoio, incentivo, confiança, ajuda e compreensão em tudo o que faço na minha vida.

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

Bem-aventurado o homem que põe no Senhor a sua  
confiança, e que não respeita os soberbos nem os que se  
desviam para a mentira.

Muitas são Senhor meu Deus, as maravilhas que tens  
operado para conosco, e os teus pensamentos não se  
podem contar diante de ti; se eu os quisera anunciar, e  
deles falar, são mais do que se podem contar.

Salmos 40:4-5.

## Lista de Tabelas

### Manuscrito

- Tabela 1.** Número de indivíduos selecionados de quatro espécies, nos estádios ontogenéticos plântula e juvenil nas florestas jovem e madura de caatinga..... **50**
- Tabela 2.** Médias ( $\pm$  desvio padrão) de diâmetro (cm), altura (m) e área foliar (cm<sup>2</sup>) de quatro espécies, nos estádios ontogenéticos plântula e juvenil, em florestas jovem e madura de caatinga. Letras diferentes na mesma linha denotam diferença significativa no diâmetro ou altura ou área foliar entre as florestas jovem e madura, para cada estágio e espécie, pela análise de Kruskal-Wallis, com teste de Student-Newman-Kleus *a posteriori*..... **51**
- Tabela 3.** Relação do diâmetro (cm) e da altura (m) com a área foliar (cm<sup>2</sup>) de quatro espécies, nos estádios ontogenéticos plântula e juvenil em florestas jovem e madura de caatinga. - = ausência de relação; E = estágio; P = plântula; J = juvenil..... **52**
- Tabela 4.** Médias ( $\pm$  desvio padrão) da taxa de crescimento absoluto mensal em diâmetro (cm) e em altura (m) dos indivíduos de quatro espécies, nos estádios ontogenéticos plântula e juvenil, em florestas jovem e madura de caatinga. Letras diferentes na mesma linha denotam diferença significativa no diâmetro ou altura entre as florestas jovem e madura, para cada estágio e espécie, pela análise de Kruskal-Wallis, com teste de Student-Newman-Kleus *a posteriori*..... **53**



Araújo, Vanessa Kelly Rodrigue de; Universidade Federal Rural de Pernambuco; fevereiro, 2015; INFLUÊNCIA DA IDADE DA FLORESTA E DA MORFOMETRIA FOLIAR SOBRE O CRESCIMENTO DE PLANTAS LENHOSAS JOVENS DA CAATINGA. Kleber Andrade da Silva.

### **Resumo geral**

Variações no tamanho das folhas e no crescimento do indivíduo podem surgir em função das alterações nos fatores bióticos e abióticos e do *status* de conservação da floresta. Estas variações ocorrem como forma de compensação ao estresse das elevadas luminosidade e temperatura, maximizando e proporcionando maior eficiência nas atividades metabólicas da planta. Diante disso, o presente trabalho avaliou a relação da área foliar com o tamanho e taxa de crescimento (diâmetro e altura) de quatro populações lenhosas jovens, de uma floresta sazonalmente seca, em função da idade da floresta. O estudo foi desenvolvido em dois fragmentos de caatinga arbórea arbustiva, com idades diferentes (> 50 anos e 20 anos), localizadas em Caruaru-PE, durante a estação chuvosa. Um total de 600 indivíduos jovens (plântula e juvenil) das populações de *Commiphora leptophloeos* Mart J.B. Gillett., *Croton blanchetianus* Baill., *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz e *Myracrodruon urundeuva* Allemão foram selecionados nas duas florestas. Os indivíduos foram mensurados quanto à altura e diâmetro do caule no início e final da estação chuvosa de 2014. Foi coletada uma folha de cada indivíduo no início da estação chuvosa. As folhas foram fotografadas ou digitalizadas para mensuração da área foliar com o programa *Image Tool*. As taxas de crescimento absoluto dos indivíduos de cada estágio ontogenético foram calculadas para cada espécie. Diferenças na altura e diâmetro e na área foliar entre as florestas foram verificadas pela análise de Kruskal-Wallis. A existência de relação do diâmetro e da altura com a área foliar foi verificada pela análise de regressão linear simples. A maioria das espécies apresentou maior tamanho em altura, diâmetro e área foliar na floresta jovem. A taxa de crescimento absoluto apresentou valores negativos, nulos e positivos, independente da floresta, estágio e espécie. Foram verificadas diferenças em algumas relações do tamanho dos indivíduos e de sua taxa de crescimento absoluta com suas respectivas áreas foliares entre as florestas jovem e madura, evidenciando que características intrínsecas as espécies e aos estádios ontogenéticos podem estar condicionados as variáveis analisadas. Assim, estudos em uma série temporal mais longa podem, possivelmente, fornecer mais respostas a respeito dessas relações.

Palavras-chave: Área foliar, crescimento, floresta tropical seca, sucessão.

Araújo, Vanessa Kelly Rodrigue de; Universidade Federal Rural de Pernambuco; fevereiro, 2015; INFLUÊNCIA DA IDADE DA FLORESTA E DA MORFOMETRIA FOLIAR SOBRE O CRESCIMENTO DE PLANTAS LENHOSAS JOVENS DA CAATINGA. Kleber Andrade da Silva.

### **Abstract**

Variations in the size of the leaves and the individual's growth can arise due to changes in biotic and abiotic factors and forest conservation status. These variations occur as compensation to stress the high light and temperature, maximizing and providing greater efficiency on metabolic activity of the plant. Thus, the present study evaluated the relationship of leaf area with the size and growth rate (diameter and height) of four woody young populations, a seasonally dry forest, depending on the age of the forest. The study was conducted in two shrub savanna vegetation fragments of different ages (> 50 years and 20 years), located in Caruaru-PE during the rainy season. A total of 600 young individuals (seedling and juvenile) of the populations of *Commiphora leptophloeos* Mart JB Gillett., *Croton blanchetianus* Baill., *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz, and *Myracrodruon urundeuva* Allemão. were selected on both forests. The individuals were measured for height and stem diameter at the beginning and end of the rainy season of 2014. Was collected one leaf of each individual at the beginning of the rainy season. The leaves were photographed or digitalized to measure the leaf area with the software *Image Tool*. The absolute growth rates of individuals of each ontogenetic stage were calculated for each species. Differences in height and diameter, and leaf area between the forests were verified by Kruskal-Wallis analysis. The relation between the diameter and the height with the leaf area was determined by simple linear regression analysis. Most of the species had larger in height, diameter and leaf area in the young forest. The absolute growth rate was negative, zero and positive values, independent of the forest, stadium and species. Differences were found in some relationships on the life stage and its absolute growth rate with their leaf area between the young and mature forests, showing that intrinsic characteristics of the species and ontogenetic stages can be analyzed variables conditioned. Thus, studies in a longer time series could possibly provide more answers about these relationships.

Keywords: leaf area, growth, tropical dry forest, succession.

## Sumário

<b>Lista de Tabelas</b>	vii
<b>Resumo geral</b> .....	viii
<b>Abstract</b> .....	ix
<b>1. Introdução geral</b> .....	11
<b>2. Revisão Bibliográfica</b> .....	12
2.1. <i>Caracteres e atributos funcionais foliares</i> .....	12
2.2. <i>Fatores que atuam sobre o crescimento de plantas</i> .....	16
2.3. <i>Atributos funcionais e crescimento na vegetação de caatinga</i> .....	19
<b>3. Referências Bibliográficas</b> .....	23
<b>Manuscrito: Influência das variações morfométricas foliares no crescimento de plantas lenhosas em florestas jovem e madura em ambiente semiárido</b> .....	31
Resumo.....	32
1. Introdução.....	33
2. Material e métodos.....	34
3. Resultados.....	38
4. Discussão.....	39
5. Conclusão.....	43
6. Agradecimentos.....	43
7. Referências bibliográficas.....	43
<b>Considerações finais</b> .....	54
<b>Anexo I</b> .....	55

## 1. Introdução geral

As florestas que voltam a se restabelecer em áreas perturbadas apresentam diferenças em suas condições ambientais (PEREIRA et al., 2001; ZHU et al., 2013), quando comparadas às condições das florestas maduras, em virtude do dossel ser mais fechado, proporcionando maiores taxas de umidade e sombreamento (LOPES et al., 2012).

Tais variações nas condições ambientais das florestas podem influenciar o desenvolvimento das plantas, bem como proporcionar alterações morfológicas e funcionais, as quais são mais expressivas nos órgãos foliares, como variações no formato, tamanho, coloração, densidade de estômatos e grau de pilosidade (CARVALHO et al., 2006; ARAÚJO et al., 2008a). Além disso, as condições ambientais também podem atuar sobre as concentrações dos macronutrientes nas folhas, podendo assim alterar alguns processos fisiológicos das plantas, como a fotossíntese e, conseqüentemente, o crescimento e sobrevivência das mesmas no ambiente (DOLOSO et al., 2009; ZHU et al., 2013).

Portanto, as variações da morfometria foliar que ocorrem em plantas submetidas a alterações de condições ambientais, podem ser entendidas como atributos funcionais, auxiliando a explicar as variações na dinâmica populacional (ARAÚJO et al., 2008a). No entanto, a relação dessas variações morfométricas foliares com a taxa de crescimento em altura e em diâmetro das plantas, bem como, a resposta dessas variações e da taxa de crescimento das plantas a variações de fatores ambientais ainda são pouco conhecidas.

Nas últimas décadas, a ciência ecológica tem reunido evidências indicando que os atributos funcionais (por exemplo, área foliar, espessura e forma da lâmina) das plantas podem influenciar seu crescimento e, conseqüentemente, a velocidade de recuperação de áreas alteradas por ação humana ou de forma natural (REICH et al., 1999; WRIGHT et al., 2004; KAZAKOU et al., 2006; SANTIAGO; WRIGHT, 2007; MARTÍNEZ-GARZA; HENRY, 2010). Dessa forma, estudos que comparem o efeito das variações das características foliares de espécies, como a morfometria, entre florestas de diferentes idades, podem ajudar a compreender o processo de resiliência das florestas e evidenciar alguns dos atributos biológicos que podem compensar o estresse ambiental provocado pelas alterações nas condições de estabelecimento das plantas (BELO, 2013).

No entanto, os relatos são incipientes, existindo ecossistemas que ainda não foram estudados quanto a esse aspecto, como é o caso da vegetação da caatinga. Assim, este estudo visa preencher lacunas da ciência, sendo o pioneiro na vegetação da caatinga que propõe

avaliar a influência das características morfométricas foliares sobre o tamanho e a taxa de crescimento de plantas jovens, considerando o efeito adicional da idade da floresta.

## **2. Revisão Bibliográfica**

### *2.1 Caracteres e atributos funcionais foliares*

Muitos estudos têm evidenciado, que as variações nas características morfológicas nos órgãos vegetais, como as raízes, caule, folhas e flores podem responder as variações das condições ambientais, como uma forma de ajuste, a longo prazo, garantindo o crescimento, sobrevivência e/ou reprodução do indivíduo (SOSINSKI JUNIOR; PILLAR, 2004; SANTIAGO; WRIGHT, 2007; WEBB et al., 2010; SAID et al., 2011; SILVA, 2012).

Dentre os órgãos vegetais, o mais sensível às variações do ambiente é a folha (SILVA, 2012). Fisiologicamente, elas desempenham importante papel em várias funções vitais das plantas, como fotossíntese, respiração e fotopercepção (SILVA, 2012; TSUKAYA, 2013). Alterações em tais funções fisiológicas podem atuar, fortemente, sobre as características anatômicas e morfológicas da planta (DELAGRANGE, 2011) e, conseqüentemente, influenciar na forma como a planta adquire, armazena e utiliza os recursos existentes no meio ambiente, necessários para o seu metabolismo e crescimento (XU et al., 2009). Como exemplo, a forma achatada dorsoventralmente, geralmente laminar, das folhas, que favorece a maximização da assimilação dos raios solares, favorecendo sua eficiência fotossintética (SILVA; PAIVA, 2007).

As características funcionais das folhas tendem a variar entre os ecossistemas do mundo, com base nas condições climáticas do local, ao qual a vegetação ocorre e, na forma de crescimento do indivíduo. Esse fato evidencia que, em virtude das variações nas condições ambientais, as folhas das plantas podem apresentar diferentes respostas morfológicas (WRIGHT et al., 2004). O sombreamento, por exemplo, é um dos fatores que pode proporcionar a redução da temperatura no ambiente. Então, o sombreamento e, conseqüente redução na temperatura, têm sido mencionados em muitos estudos, como fatores que atuam sobre a disposição das folhas e os aumentos da área e espessura foliar, do número de denteamento e de nervuras nas folhas das plantas (REICH et al., 1999; XU et al., 2009; ROYER, 2012; ESCUDERO et al., 2013).

Nas florestas tropicais úmidas, as copas das árvores formam um dossel mais contínuo do que nas florestas tropicais secas. Como conseqüência, o sub-bosque das florestas úmidas é

mais sombreado e as características foliares, como área específica, e a biomassa, apresentam respostas distintas entre florestas úmidas e florestas secas, sendo tais valores menores nas florestas secas (MURPHY; LUGO, 1986).

Em áreas de floresta temperada, o sombreamento e a redução na temperatura estão relacionados com o aumento da área foliar, devido a alta exigência das espécies a luminosidade para a realização de processos fotossintético, bem como para seu crescimento e sobrevivência no ambiente (BRYM et al., 2011). Também em áreas de floresta temperada, Delagrange (2011) observou valores altos na área foliar específica em espécies tolerantes ao sombreamento, as quais apresentavam crescimento significativo nos períodos de maior luminosidade no ambiente, em detrimento as que apresentavam pouca tolerância ao sombreamento.

Portanto, vários estudos realizados em diferentes ecossistemas vem relacionando as variações do tamanho e arquitetura foliar com as diferentes condições ambientais. Isto sugere que as variações nas características foliares, talvez, ocorram para compensar o efeito das variações nas condições ambientais e maximizar o metabolismo das plantas (BOEGER; WISNIEWSKI, 2003; CORNELISSEN et al., 2003; HÉRAUT et al., 2011; ROYER, 2012; CATONI; GRATANI, 2014). Então, considerando que a disponibilidade de luz no ambiente, é um dos principais fatores que afeta a dinâmica de espécies lenhosas na floresta (BRYM et al., 2011), as plantas do subbosque das florestas temperadas e úmidas têm maior área foliar específica do que as plantas das florestas tropicais secas devido ao maior sombreamento e baixas temperaturas (MURPHY; LUGO, 1986).

Outra forma de ajuste morfológico encontrada em plantas sobre condições de menor incidência luminosa, está na variação da disposição das folhas no caule, para minimizar o auto-sombreamento sobre as mesmas (QUEIROGA et al., 2003). Assim, possivelmente, tais ajustes morfológicos nas folhas ocorrem a fim de garantir a sobrevivência e o crescimento de espécies nesses ambientes, já que o sombreamento também pode auxiliar no alongamento do caule do vegetal (FRANCO; DILLENBURG, 2007).

No entanto, da mesma forma que a redução na disponibilidade de luz atua sobre o tamanho, estrutura e posição da folha, seu aumento também podem proporcionar alterações em tais características morfológicas. Estudos realizados em florestas tropicais secas vêm relatando o efeito contrário aos encontrados nas condições de sombreamento, sendo observado folhas com menores valores de área foliar específica e maiores espessuras. Estas mudanças ocorrem porque nas florestas tropicais secas existe uma maior entrada de luz, em virtude de

um dossel descontínuo, e conseqüentemente, altas temperaturas e redução da disponibilidade hídrica do solo (MURPHY; LUGO, 1986; WRIGHT et al., 2004; ROZENDAAL et al., 2006; MARKESTEIJN, 2007; CARVALHO et al., 2012; ESCUDERO et al., 2013; CATONI; GRATANI, 2014; LI; BÃO, 2014).

Todavia, como conseqüência da redução da área foliar, a planta pode reduzir a taxa entre a razão fotossíntese e respiração, afim de favorecer o ganho de carbono, que tende a ser extraviado durante a transpiração excessiva, permitindo assim, a sobrevivência e crescimento das plantas sobre tais condições (SAID et al., 2011; CATONI; GRATANI, 2014). Além disso, alta luminosidade também pode proporcionar uma área da secção transversal dos entrenós maiores. Fato esse que indica à existência de maior concentração de água em folhas expostas a condição de alta luminosidade, possibilitando a planta manter o seu turgor, e a eficiência na captura de luz do ambiente e investir em crescimento (ROZENDAAL et al., 2006).

Dessa forma, entende-se que os ajustes morfológicos foliares observados em ambientes tropicais, com maior incidência solar, ocorrem como forma de estratégias das plantas para reduzir o efeito da transpiração excessiva. A perda excessiva de água por transpiração, pode atuar negativamente sobre a troca gasosa da folha com o meio, reduzindo a taxa de assimilação por área foliar e influenciando diretamente na alocação de recurso para a fotossíntese. Em conseqüência, pode ocorrer uma redução da taxa de crescimento dos indivíduos (CARVALHO et al., 2006; FAGUNDES et al., 2006; ROZENDAAL et al., 2006; MARKESTEIJN et al., 2007; SANTIAGO; WRIGHT 2007; CHAGAS et al., 2008; DOLOSO et al., 2009; XU et al., 2009).

Em adição, a alta luminosidade no ambiente também pode influenciar a concentração de nutrientes das folhas e refletir diretamente sobre as características morfológicas das mesmas, uma vez que a presença dos nutrientes minerais são essenciais para o funcionamento de algumas funções fisiológicas das folhas (MEDEIROS et al., 2008), pois são nelas que encontram-se as maiores concentrações de nutrientes nas plantas (ACKERLY, 2004).

Assim, afim de otimizar o equilíbrio de determinados macronutrientes nas folhas sobre alta luminosidade, a planta tende a aumentar sua concentração de nitrogênio foliar, visto que esse elemento é um dos principais constituintes dos tecidos foliares, estando presente na estrutura das proteínas e ácidos nucleicos (ACKERLY, 2004; ROZENDAAL et al., 2006; MEDEIROS et al., 2008; ESCUDERO et al., 2013).

Sobre a mesma condição, de alta luminosidade, a concentração de potássio nas folhas tende a reduzir. Esse macronutriente possui elevada importância para o metabolismo da

planta, uma vez que atua na regulação do processo de abertura e fechamento dos estômatos (SANTIAGO; WRIGHT, 2007). Assim, como consequência, em ambientes secos a assimilação de carbono pela folha tenderá a reduzir, afetando negativamente a condutância estomática e a eficiência fotossintética. Isto acarretará em indivíduos com área foliar reduzida e, conseqüentemente, taxa de crescimento menor (ACKERLY, 2004; ROZENDAAL et al., 2006; MEDEIROS et al., 2008; ESCUDERO et al., 2013). Adicionalmente, pode ocorrer também, a redução do diâmetro dos vasos foliares o que estimularia a senescência precoce das folhas (ACKERLY, 2004).

Vale ressaltar que, outras características peculiares de cada ecossistema como características físicas e químicas, as quais podem ser dirigidas por aportes geológicos, de altitude, latitude, distribuição e regularidade da precipitação anual, bem como status de conservação da vegetação, podem causar mudanças nos atributos foliares. Além disso, as características intrínsecas de cada planta, como a genética, o hábito, o tipo e a complexidade da folha (se simples ou composta) ou a profundidade do enraizamento, também podem estar atuando em conjunto sobre tais características funcionais, fornecendo respostas divergentes quando analisadas isoladamente (REICH et al., 1999; QUEIROGA et al., 2003; MARKESTEIJN, 2007; CHAGAS et al., 2008; XU et al., 2009; GAOUE et al., 2011; VIANI et al., 2011; LI; BÃO, 2014).

Em adição, estudos mencionam também a influência dos estádios ontogenéticos no qual o indivíduo se encontra sobre as variações nas características funcionais. Sendo evidenciada, com exceção de espécies caducifólias, maior duração de vida das folhas em indivíduos na fase adulta, devido a sua maior plasticidade, bem como maior quantitativo de nitrogênio e fósforo por área foliar (MEDIÁVILLA; ESCUDERO, 2003; ROZENDAAL et al., 2006). Boeger e Wisniewski (2003) também relataram em seus estudos a existência de variação na área foliar específica entre os estádios ontogenéticos sendo maior na fase adulta.

As variações nas características morfológicas e funcionais das plantas, também, podem ocorrer entre os estágios sucessionais de uma floresta. Uma vez que, tem-se observado baixos valores na área foliar, fotossíntese líquida e taxa de transpiração na área em estágio sucessional inicial (ALVAREZ-AÑORVE et al., 2012). Visto que, as condições de umidade do solo, intensidade de sombreamento, temperatura, velocidade do vento e concentração de nutrientes no solo, alteram-se ao longo do processo de sucessão (PEREIRA et al., 2001; LOPES et al., 2012).



Pois, uma floresta em restabelecimento tende a apresentar, inicialmente, menor riqueza de espécies e, talvez, uma maior dependência de alguns processos ecológicos. Enquanto florestas maduras, já estabelecidas tendem a ter uma maior riqueza, maior complexidade estrutural e maior equilíbrio na dependência de alguns processos (PEREIRA et al., 2001; BAKKE et al., 2006; LOPES et al., 2012; SILVA et al., 2012). Dessa forma, o desenvolvimento e estabelecimento das espécies na vegetação é garantido por atuar diretamente sob as atividades metabólicas e promover alterações vantajosas em suas características morfofuncionais (ALVAREZ-AÑORVE et al., 2012), além de indicar, que a recolonização de uma área, entre outros fatores, dependerá de estratégias da planta para suportar as novas condições do ambiente (BAKKE et al., 2006; FABRICANTE; ANDRADE, 2007).

Nesse contexto, conclui-se que as respostas das plantas às variações do ambiente são de grande importância para a obtenção de informações a cerca de características funcionais da população (VIEIRA; SCARIOT, 2006; ALVAREZ-AÑORVE et al., 2012). Principalmente, pelo fato de tais características poderem auxiliar na previsão do tempo necessário de recuperação de uma vegetação após distúrbios e, conseqüentemente, auxiliar em trabalhos de recuperação e manejo florestal (ALVAREZ-AÑORVE et al., 2012).

Portanto, entender como as variações morfológicas foliares ocorrem nas plantas, ao logo de um gradiente ambiental, é de extrema importância, pois, podem ser entendidas como atributos funcionais que podem auxiliar no esclarecimento da dinâmica das populações das florestas, auxiliando a propor ações em ambientes que foram alterados (DOLOSO et al., 2009; WEBB et al., 2010; SILVA, 2012).

## *2.2 Fatores que atuam sobre o crescimento de plantas*

O crescimento de uma planta é determinado pelo incremento em biomassa do indivíduo, resultando em aumento do seu tamanho, vertical ou horizontalmente, por consequência do alongamento celular nos tecidos vegetais (PEIXOTO et al., 2011). O crescimento em altura e diâmetro de uma planta está relacionado com caracteres morfológicos, fisiológicos e comportamentais, tais como o quantitativo de biomassa acima do solo, tamanho do enraizamento, propagação lateral e tamanho foliar, nos diferentes estádios do seu ciclo de vida (SILVA; NOGUEIRA, 2003; PEIXOTO et al., 2011; FIGUEIREDO et al., 2010).

Além disso, a identificação das taxas de crescimento de cada planta permite prever informações de grande importância para trabalhos de recolonização de áreas degradadas, podendo indicar as espécies mais adequadas para recolonizá-las, visto que, as de maior taxa de crescimento provavelmente serão as mais adequadas para esse processo (MCLAREN; MCDONALD, 2003; LOPEZ-IGLESIAS et al., 2014).

No entanto, vários fatores ambientais e intrínsecos a planta, podem influenciar no seu crescimento, aumentando ou reduzindo o processo de diferenciação celular dos tecidos vegetais, tais como disponibilidade e intensidade luminosa, disponibilidade de água e nutrientes no ambiente e relações ecológicas como a competição e o parasitismo (QUEIROGA et al., 2003; CHAGAS et al., 2008; MENDIVELSO et al., 2014). Esses fatores bióticos e abióticos atuando em conjunto ou isolados no ambiente são de grande importância para explicar o crescimento do vegetal, visto que, eles exercem forte influência na taxa de crescimento da planta, no tempo e no espaço (CORNELISSEN et al., 2003; ARAÚJO et al., 2008b; ARAÚJO et al., 2010).

Diante disso, vários estudos acerca do crescimento de espécies vegetais adaptadas às condições ambientais encontradas em florestas no mundo vêm sendo desenvolvidos ao longo dos anos, afim de compreender quais e como os fatores ambientais podem estar interferindo no crescimento. Em florestas tropicais secas, tais estudos buscam compreender as respostas das espécies às condições de variações da disponibilidade de água e das diferentes intensidades de luz que essas florestas recebem ao longo do ano (SILVA; BARBOSA, 2000; SILVA; NOGUEIRA, 2003; CABRAL et al., 2004; ARAÚJO et al., 2010; FIGUEIREDO et al., 2010; BARRY; PINKARD, 2013). Todavia, sua relação com características morfológicas foliares ainda é pouco explorada.

Os recursos disponíveis no ambiente como nutrientes, água e luz são de extrema importância para os tecidos vegetais exercerem suas atividades fisiológicas, bem como, para a produção e armazenamento de energia (SAID et al., 2011; VIANI et al., 2011; CATONI et al., 2012). Logo, a redução ou escassez desses recursos no ambiente pode promover redução nas taxas fotossintéticas das plantas (SILVA; NOGUEIRA, 2003; CABRAL et al., 2004; GRATANI; VARONE, 2004; ARAÚJO et al., 2010; LOPEZ-IGLESIAS et al., 2014). Como consequência de tal redução, a planta pode apresentar um déficit na alocação e armazenamento de recursos para as diferentes partes do vegetal, afetando o investimento de recurso para o crescimento dos indivíduos (CARVALHO et al., 2006; CHAGAS et al., 2008; DOLOSO et al., 2009; ZHU et al., 2013).

Todavia, essa alocação de energia ocorre em proporções diferentes entre os estádios ontogenéticos, visto que, enquanto indivíduos no estágio plântula investem em seu estabelecimento no ambiente, os juvenis tendem a alocar recursos para crescerem, da mesma forma que os adultos, pois além desses investirem no crescimento também necessitam produzir energia para a sua reprodução (CABRAL et al., 2004; ARAÚJO et al., 2010). No entanto, em caso de perda da parte aérea, as plantas priorizam a alocação de biomassa e recurso energético para a reconstrução de suas folhas, independente do estágio ontogénético (BARCHUK et al., 2006; BARRY; PINKARD, 2013). Fato esse que pode está associado ao lento crescimento registrado para indivíduos de espécies estabelecidas em florestas tropical seca quando comparadas com espécies em floresta úmida (MURPHY; LUGO, 1986). Esse crescimento lento dos indivíduos pode ser considerado uma estratégia de resistência à condição de estiagem (ARAÚJO, 2010).

A perda da parte apical de plantas em florestas tropicais seca pode ocorrer em função do período de estiagem prolongado (ARAÚJO et al., 2010), uma vez que, em florestas tropicais secas a estiagem é o principal fator que limita o crescimento dos indivíduos, principalmente no estágio plântula, devido a escassez hídrica e elevada intensidade luminosa característicos desse fenômeno (GERHARDT, 1996; SILVA; BARBOSA, 2000; CECCON et al., 2006; ARAÚJO et al., 2010; FIGUEIREDO et al., 2010; PAREDES-VILLANUEVA et al., 2013; MENDIVELSO et al., 2014).

Além disso, em virtude dos solos rasos encontrados nessas florestas, as plântulas tendem a apresentar tamanhos de raízes menores que a parte aérea, o que pode indicar uma maior alocação de biomassa para a parte aérea em detrimento à raiz (CECCON et al., 2006). No entanto, Cabral et al. (2004) relataram que em algumas espécies da vegetação da caatinga que apresentam raízes tuberosas, durante a fase juvenil existe uma maior alocação de biomassa para as raízes, evidenciando que esta alocação de biomassa para os diferentes órgãos vegetais estariam relacionadas as características genéticas próprias de cada espécie, ou a estratégia do indivíduo sobre determinadas condições ambientais do meio (SILVA; NOGUEIRA, 2003; BAKER et al., 2003; CABRAL et al., 2004; CECCON et al., 2006; FIGUEIREDO et al., 2010).

Em adição, a competição entre as raízes pelo recurso disponível no solo também é uma característica que pode influenciar no crescimento de plântulas. Gerhardt (1996) observou que a abertura de valas entre as mudas de espécies arbóreas de floresta tropical seca, afim de reduzir a competição entre as raízes, proporcionou um maior crescimento das mudas.

Dessa forma, estudar o crescimento do vegetal em seus diferentes estágios de desenvolvimento e sobre condições severas de disponibilidade de água e intensidade luminosa são de grande importância para estudos que visam a recuperação de florestas que foram perturbadas e tiveram suas condições ambientais modificadas, uma vez que, tais estudos auxiliam na identificação das taxas de crescimento nos diferentes estágios ontogenéticos da planta. E conseqüentemente, na previsão do tempo necessário para completar a recuperação de florestas que sofreram alterações (SILVA; PAIVA, 2007).

Logo, além das mudanças nas condições climáticas e edáficas do ambiente exercerem influências sobre as taxas de crescimento da planta (CORNELISSEN et al., 2003) por atuar sobre respostas fisiológicas das plantas, tais como modificações no processo fotossintético, que podem levar a estagnação ou redução do crescimento, elas também pode, influenciar as variações morfofisiológicas foliares, afim de, amenizar o estresse da planta no ambiente. (SILVA; NOGUEIRA, 2003; CORNELISSEN et al., 2003).

Todavia, apesar da importância das variações morfofuncionais da planta em função do seu crescimento, poucos estudos tem avaliado tal influência. Existindo um déficit de informações a respeito dos fatores ambientais que podem estar atuando sobre as alterações das características estruturais, de plantas adaptadas a florestas tropicais secas, e como as variações em tais características podem influenciar o crescimento dessas espécies.

### *2.3. Atributos funcionais e crescimento na vegetação da caatinga*

Estudos vêm relatando que os atributos funcionais das plantas podem influenciar na sobrevivência e no crescimento, e, conseqüentemente, na velocidade de recuperação de áreas alteradas por ação humana ou de forma natural (CORNELISSEN et al., 2003; FRANCO; DILLENBURG, 2007; BRYM et al., 2011; DELAGRANGE, 2011; HÉRAUT et al., 2011; CATONI; CRATANI, 2014). No entanto, os relatos ainda são incipientes, existindo ecossistemas que ainda não foram estudados quanto a esse aspecto, como é o caso da vegetação da caatinga.

Assim, considerando que grande parte da vegetação de caatinga (rica em espécies endêmicas) tem sido convertida em áreas agrícolas e de pastagens, por consequência da periódica e intensa atividade humana nessas regiões ao longo dos anos (ANDRADE-LIMA, 1981; SAMPAIO, 1995; ARAÚJO et al., 2005; LEAL et al., 2005; ARAÚJO et al., 2007), estudos que investiguem o efeito de ações antrópicas sobre o estabelecimento e desenvolvimento das populações vegetais são de grande importância. Tais estudos ajudam a

entender as estratégias ecológicas que favoreçam o desempenho do crescimento dos indivíduos estabelecidos em floresta seca perturbada.

Os fatores abióticos no decorrer da evolução selecionaram nessa vegetação espécies de porte médio a baixo em relação às florestas úmidas com características xeromórficas e caducifólias (FERRI, 1980; ANDRADE-LIMA, 1981; SAMPAIO, 1995). Tais características permitiram que as espécies vegetais dessas florestas sobrevivessem às condições ambientais como escassez hídrica e altas temperaturas, proveniente da intensa irradiação solar durante determinado período do ano (SAMPALIO, 1995; ARAÚJO et al., 2005; ARAÚJO et al. 2007; LIMA, 2007). Sendo de grande importância para o entendimento da estrutura e funcionamento da comunidade vegetal em ecossistemas áridos e semiáridos, compreender as estratégias adaptativas desenvolvidas por espécies estabelecidas em tais ambientes (BARROS; SOARES, 2013).

As plantas nativas da vegetação da caatinga refletem uma gama de estratégias adaptativas de aportes morfológicos, fisiológicos e anatômicos (TROVÃO et al., 2007; SAID et al., 2011; CATONI et al., 2012; BARROS; SOARES, 2013). Tais estratégias garantem a manutenção das atividades fisiológicas dos organismos durante períodos de estresse à planta, como os prolongados períodos de déficit hídrico, alta luminosidade e, conseqüentemente, elevada temperatura. (ANDRADE-LIMA, 1981; LIMA, 2007; TROVÃO et al., 2007; BARROS; SOARES, 2013).

Assim, tais características do ambiente podem causar mudanças na estrutura e metabolismo foliar e na taxa de crescimento dos regenerantes, pois o crescimento dos regenerantes na caatinga é limitado pelas condições de aridez do ambiente (SILVA; BARBOSA, 2000; CECCON et al., 2006; DANTAS et al., 2009; MENDIVELSO et al., 2014), podendo ocorrer crescimento negativo tanto em altura quanto em diâmetro (ARAÚJO et al., 2010; MENDIVELSO et al., 2014). Já que, a alocação da biomassa, a taxa fotossintética líquida e a transpiração são afetados pelo aumento da intensidade e qualidade de luz e disponibilidade hídrica no solo (FELFILI et al., 1999; CABRAL et al., 2004).

Dentre tais processos metabólicos, a fotossíntese é vital a planta, pois é através dela que o indivíduo vegetal produz energia e substâncias de reserva para o funcionamento dos demais processos metabólicos (RAVEN et al., 2007). Para tanto, afim de evitar danos à estrutura foliar e perda de água para o meio, a folha possui mecanismos em sua estrutura como aumento da espessura dos parênquimas e cutícula abaxiais e adaxiais, maior densidade de tricomas e redução do tamanho da superfície foliar (SAID et al., 2011; CATONI et al., 2012). Podendo

perder suas folhas e a base do ápice, sob um período de seca prolongado, como uma estratégia para garantir a sobrevivência do indivíduo no ambiente (SILVA; BARBOSA, 2000).

No entanto, a maioria das plantas que compõem a vegetação da caatinga possuem capacidade de rebrota, com a chegada das primeiras chuvas (SILVA; BARBOSA, 2000; BARCHUK et al., 2006; RAMJOHN et al., 2012). O que a faz investir energia e alocar biomassa para a reconstrução de suas folhas, em detrimento do seu crescimento (BARCHUK et al., 2006; BARRY; PINKARD, 2013). Segundo Ceccon et al. (2006) a regeneração através do brotamento, sobre as condições ambientais da caatinga, apresenta menor custo energético que a regeneração através da produção de sementes. O que poderia explicar o lento crescimento dos indivíduos de espécies estabelecidas em florestas tropicais secas em relação a florestas úmidas, como observado por Murphy e Lugo (1986).

Além das características foliares, a capacidade de armazenamento de água em raízes tuberosas e em caules é uma estratégia comumente encontrada em algumas espécies nessa vegetação, afim de conservar a água na planta e auxiliar na manutenção das folhas de algumas espécies (ARAÚJO et al., 2010; LIMA et al., 2012; SANTOS et al., 2014).

Assim, a existência de tais atributos morfológicos, anatômicos e fisiológicos evidenciam uma forma de ajuste as condições severas encontradas em determinada época do ano na vegetação da caatinga, o que revela a tolerância dessas espécies a prolongados períodos de estresses hídricos e altas temperaturas (SANTOS et al., 2014). Uma vez que atuam na conservação da água na planta, evitando sua perda ao meio e proporcionando o funcionamento dos processos metabólicos da mesma.

Diante disso, estudos que investiguem repostas do desenvolvimento, crescimento e sobrevivência de plantas da caatinga, bem como, as variações de suas características funcionais sobre diferentes condições ambientais encontradas entre florestas jovem, com histórico de perturbação, e uma floresta madura, sem histórico de perturbação, são importantes para compreensão dos diferentes comportamentos de espécies da caatinga e a resiliência da floresta sobre tais condições. Bem como entender esses processos nos diferentes estágios sucessionais da vegetação, sendo de grande valia para auxiliar trabalhos de recuperação de florestas tropicais secas que foram degradadas.

Todavia, apesar da importância das variações morfofuncionais da planta em função de seu crescimento, poucos estudos tem avaliado tal influência. Havendo déficit de informações a respeito dos fatores ambientais que podem estar atuando sobre as alterações das

características estruturais de plantas adaptadas a florestas tropicais secas, e como as variações em tais características podem influenciar no crescimento dessas espécies.

### 3. Referências Bibliográficas

- ACKERLY, D. Functional strategies of chaparral shrubs in relation to seasonal water deficit and disturbance. **Ecological Monographs**, v. 74, n. 1, p. 25-44, 2004.
- ALVAREZ-AÑORVE, M.Y.; QUESADA, M.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; AVILA-CABADILLA, L.D.; GAMON, J.A. Functional regeneration and spectral reflectance of trees during succession in a highly diverse tropical dry forest ecosystem. **American Journal of Botany**, v. 99, n. 5, p. 816-826, 2012.
- ANDRADE-LIMA, D. **The caatingas dominium**. Revista Brasileira de Botânica, v. 4, p. 149-153, 1981.
- 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.
- ARAÚJO, E.L.; CASTRO, C.C.; ALBUQUERQUE, U.P. Dynamics of Brazilian caatinga: a review concerning the plants, environment and people. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 1, n. 1, p. 15-29, 2007.
- ARAÚJO, E.L.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; SILVA, S.I.; SILVA, K.A.; SANTOS, A.V.C.; SANTIAGO, G.A. Ecofisiologia de plantas da caatinga e implicações na dinâmica das populações e do ecossistema. In: MOURA, A.N., ARAÚJO, E.L., ALBUQUERQUE, U.P. (Eds.), **Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos**. NUPEEA, v. 1, 2008a. p. 329-361.
- ARAÚJO, E.L.; MARTINS, F.R.; SANTOS, F.A.M. Ontogenia e variações alométricas na relação comprimento-diâmetro do caule em plantas lenhosas da caatinga. In: ALBUQUERQUE, U.P.; MOURA, A.N.; ARAÚJO, E.L. (Eds.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos**. NUPEEA, v. 1, 2008b. p. 81-104.
- ARAÚJO, E.L.; MARTINS, F.R.; SANTOS, F.A.M. Estádios ontogenéticos e variações no crescimento anual do caule de duas espécies lenhosas em uma área de vegetação de caatinga, Pernambuco, Brasil. In: MOURA, A.N.; ARAÚJO, E.L.; ALBUQUERQUE, U.P. (Eds.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos**. NUPEEA., v. 1, 2010. p. 387-410.



- BAKER, T.R.; SWAINE, M.D.; BURSLEM, D.F.R.P. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 6, p. 21-36, 2003.
- BAKKE, I.A.; BAKKE, O.A.; ANDRADE, A.P.; SALCEDO, I.H. Regeneração natural da jurema preta em áreas sob pastejo de bovinos. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, p. 228-235, 2006.
- BARCHUK, A.H.; CAMPOS, E.B.; OVIEDO, C.; DÍAZ, M.D.P. Supervivencia y crecimiento de plántulas de especies leñosas del Chaco Árido sometidas a remoción de la biomasa aérea. **Ecología Austral**, v. 16, p. 47-61, 2006.
- BARRY, K.M.; PINKARD, E.A. Growth and photosynthetic responses following defoliation and bud removal in eucalypts. **Forest Ecology and Management**, v. 293, n. 1, p.9-16, 2013.
- BARROS, I.O.; SOARES, A.A. Adaptações anatômicas em folhas de marmeleiro e velame da caatinga brasileira. **Revista ciência agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 192-198, 2013.
- BELO, R.M. **Estudo da variação dos atributos foliares nos níveis intraindividual, intrapopulacional e interespecífico**. 57. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2013.
- BOEGER, M.R.T.; WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 61-72, 2003.
- BRYM, Z.T.; LAKE, J.K.; ALLEN, D.; OSTLING, A. Plant functional traits suggest novel ecological strategy for an invasive shrub in an understory woody plant community. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 1, p. 1098–1106., 2011.
- CABRAL, E.L.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta botanica brasílica**, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2004.
- CARVALHO, N.O.S.; PELACANI, C.R.; RODRIGUES, M.O.S.; CREPALDI, I.C. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (MART.) BECC.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 351-357, 2006.
- CATONI, R.; GRATANI, L. Variations in leaf respiration and photosynthesis ratio in response to air temperature and water availability among Mediterranean evergreen species. **Journal of Arid Environments**, v. 102, p. 82-88, 2014.

- CATONI, R.; GRATANI, L.; VARONE, L. Physiological, morphological and anatomical trait variations between winter and summer leaves of *Cistus* species. **Flora**, v. 207, p. 442-449, 2012.
- CECCON, E.; HUANTE, P.; RINCÓN, E. Abiotic Factors influencing tropical dry forests regeneration. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 2, p. 305-312, 2006.
- CHAGAS, M.G.S.C.; SILVA, M.D.; GALVÍNCIO, J.D.; PIMENTEL, R.M.M.. Variações Foliaves em Grupos Funcionais Vegetais de uma Paisagem de Restinga, Pernambuco-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 2, p. 50-63, 2008.
- CORNELISSEN, J.H.C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D.E.; REICH, P.B.; TER-STEEGE, H.; MORGAN, H.D.; VAN DER HEIJDEN, M.G.A.; PAUSAS, J.G.; POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 51, p. 335-380, 2003.
- DANTAS, B.F.; LOPES, A.P.; SILVA, F.F.S.; LÚCIO, A.A.; BATISTA, P.F.; PIRES, M.M.M.L.; ARAGÃO, C.A. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. *Revista Árvore*, v. 33, p. 413-423, 2009.
- DELAGRANGE, S. Light- and seasonal-induced plasticity in leaf morphology, N partitioning and photosynthetic capacity of two temperate deciduous species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 70, n. 1, p. 1-10, 2011.
- DOLOSO, D.M.; HOLSBACK-MENEGUCCI, Z.R.; SANTIAGO, E.F. Efeitos da radiação ultravioleta-C sobre a simetria e morfoanatomia foliar de *Rapanea ferruginea* (Ruiz et. Pav) Mez. (Myrsinaceae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 31, n. 2, p. 165-172, 2009.
- ESCUADERO, A.; FERNÁNDEZ, J.; CORDERO, A.; MEDIAVILLA, S. Distribution of leaf characteristics in relation to orientation within the canopy of woody species. **Acta Oecologica**, v. 48, p. 13-20, 2013.
- FABRICANTE, J.R.; ANDRADE, L.A. Análise estrutural de um remanescente de Caatinga no Seridó paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n.3, p. 341-349, 2007.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C.; MORAIS, R.V.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO, D.J.; CASAGRANDE, D.R.; COSTA, L.T. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006.

- FELFILI, J.M.; HILGBERT, L.F.; FRANCO, A.C.; SILVA, J.C.S.; RESENDE, A.V.; NOGUEIRA, M.V.P. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista brasileira de botânica**, v.22, n.2, p.297-301, 1999.
- FERRI, M.G.A **Vegetação Brasileira**. São Paulo: EDUSP, 1980.
- FIGUEIREDO, L.S.; FERRAZ, E.M.N.; RODAL, M.J.N.; PIMENTEL, R.M.M.; ARAÚJO, E.L. Sítio de estabelecimento e relações alométricas em populações lenhosas da caatinga. **Revista de Geografia**, v. 27, n. 2, p. 155-166, 2010.
- FRANCO, A.M.S.; DILLENBURG, L.R. Ajustes morfológicos e fisiológicos em plantas jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em resposta ao sombreamento. **Hoehnea**, v. 34, n. 2, p. 135-144, 2007.
- GAOUE, O.G.; SACK, L.; TICKTIN, T. Human impacts on leaf economics in heterogeneous landscapes: the effect of harvesting non-timber forest products from African mahogany across habitats and climates. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, p. 844-852, 2011.
- GERHARDT, K. Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. **Forest Ecology and Management**, v. 82, p. 33-48, 1996.
- GRATANI, L.; VARONE, L. Leaf key traits of *Erica arborea* L., *Erica multiflora* L. and *Rosmarinus officinalis* L. co-occurring in the Mediterranean Maquis. **Flora**, v. 199, p. 58-69, 2004.
- HÉRAULT, B.; BACHELOT, B.; POORTER, L.; ROSSI, V.; BONGERS, F.; CHAVE, J.; PAINE, C.E.T.; WAGNER, F.; BARALOTO, C. Functional traits shape ontogenetic growth trajectories of rain forest tree species. **Journal of Ecology**, v. 99, p. 1431-1440, 2011.
- KAZAKOU, E.; VILE, D.; SHIPLEY, B.; GALLET, C.; GARNIER, E. Co-variations in litter decomposition, leaf traits and plant growth in species from a Mediterranean old-field succession. **Functional Ecology**, v. 20, n. 1, p. 21-30, 2006.
- LEAL, I.R.; SILVA, J.M.; TABARELLI, M.; LACHER JR, T.E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na caatinga do Nordeste do Brasil. **Magadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 139-146, 2005.
- LI, F.L.; BÃO, W.K. Elevational trends in leaf size of *Campylotropis polyantha* in the arid Minjiang River valley, SW China. **Journal of Arid Environments**, v. 108, p. 1-9, 2014.
- LIMA, E.N. **Influência da sazonalidade na fenologia e na dinâmica populacional de quatro espécies herbáceas de uma área de caatinga, em Pernambuco, Brasil**. 49.

Dissertação - (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 2007.

LIMA, A.L.A.; SAMPAIO, E.V.S.B.; CASTRO, C.C.; RODAL, M.J.N.; ANTONINO, A.C.D.; MELO, A.L. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? **Trees**, v. 26, p. 1605-1616, 2012.

LOPES, C.G.R.; FERRAZ, E.M.N.; CASTRO, C.C.; LIMA, E.N.; SANTOS, J.M.F.F; D.M., SANTOS.; ARAÚJO, E.L. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. **Forest Ecology and Management**, v. 271, n. 1, p. 115-123, 2012.

LOPEZ-IGLESIAS, B.; VILLAR, R.; POORTER, L. Functional traits predict drought performance and distribution of Mediterranean woody species. **Acta Oecologica**, v. 56, n. 1, p. 10-18, 2014.

MARKESTEIJN, L.; POORTER, L.; BONGERS, F. Light-dependent leaf trait variation in 43 tropical dry forest tree species. **American journal of botany**, v. 94, n. 4, p. 515-525, 2007.

MURPHY, P.G.; LUGO, A.E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, p. 67-88, 1986.

MARTÍNEZ-GARZA, CRISTINA; HOWE, HENRY F. Características foliares e taxas vitais de árvores de sucessão tardia de um bosque tropical perenifolia. **Boletín de la Sociedad Botánica de México**, v. 86,p. 1-10, 2010.

MCLAREN, K.P.; MCDONALD, M. A. The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. **Forest Ecology and Management**, v. 183, n. 1, p. 61–75, 2003.

MEDEIROS, M.L.D.; SANTOS, R.S.; TERTULIANO, S.S.X. Avaliação do estado nutricional de dez espécies arbóreas ocorrentes no semi-árido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 3, p. 31-39., 2008.

MEDIAVILLA, S.; ESCUDERO, A. Mature trees versus seedlings: Differences in leaf traits and gas exchange patterns in three co-occurring Mediterranean oaks. **Annals of Forest Science**, v. 60, n. 1, p. 455-460, 2003.

MENDIVELSO, H.A.; CAMARERO, J.J.; GUTIÉRREZ, E.; ZUIDEMA, P.A. Time-dependent effects of climate and drought on tree growth in a Neotropical dry forest: Short-term tolerance vs. long-term sensitivity. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 188, n. 1, p. 13-23, 2014.

- PAREDES-VILLANUEVA, K.; SÁNCHEZ-SALGUERO, R.; MANZANEDO, R.D.; SOPEPI, R.Q.; PALACIOS, G.; NAVARRO-CERRILLO, R.M. Growth Rate and Climatic Response of *Machaerium scleroxylon* In a Dry Tropical Forest In Southeastern Santa Cruz, Bolivia. **Tree-ring research**, v. 69, n. 2, p. 63-79, 2013.
- PEIXOTO, C.P.; CRUZ, T.V.D.; PEIXOTO, M.F.S.P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceito e práticas. **Enciclopédia biosfera**, v. 2, n. 13, p. 51-76, 2011.
- PEREIRA, I.M.; ANDRADE, L.A.; COSTA, J.R.; DIAS, J.M. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 3, p. 413-426, 2001.
- QUEIROGA, J.L.; ROMANO, E.D.U.; SOUZA, J.R.P.; MIGLIORANZA, E. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 1, p. 64-68, 2003.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**, 7 ed. Coord. Trad. J.E.Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2007.
- REICH, P.B.; ELLSWORTH, D.S.; WALTERS, M.B.; VOSE, J.M.; GRESHAM, C.; VOLIN, J.C.; BOWMAN, W.D. Generality of leaf trait relationships: a test across six biomes. **Ecology**, v. 80, n. 6, p. 1955-1969, 1999.
- RAMJOHN, I.A.; MURPHY, P.G.; BURTON, T.M.; LUGO, A.E. Survival and rebound of Antillean dry forests: Role of forest fragments. **Forest Ecology and Management**, v. 284, p. 124-132, 2012.
- ROYER, D. L. Leaf Shape Responds to Temperature but Not CO<sub>2</sub> in *Acer rubrum*. **Plos One**, v. 7, n. 11, p. e49559 1-5, 2012.
- ROZENDAAL, D.M.A.; HURTADO, V.H.; POORTER, L. Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light; relationships with light demand and adult stature. **Functional Ecology**, v. 20, n. 1, p. 207-216, 2006.
- SAID, S.A.; FERNANDEZ, C.; GREFF, S.; DERRIDJ, A.; GAUQUELIN, T.; MEVY, J.F. Inter-population variability of leaf morpho-anatomical and terpenoid patterns of *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* growing along an aridity gradient in Algeria. **Flora**, v. 206, p. 397-405, 2011.
- SAMPAIO, E.V.S.B. Seasonally dry tropical forests. In: BULLOCK, H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. **Overview of the Brazilian caatinga**. Cambridge: Cambridge University Press., 1995. p. 35-63.

- SANTIAGO, L.S.; WRIGHT, S.J. Leaf functional traits of tropical forest plants in relation to growth form. **Functional Ecology**, v. 21, p. 19-27, 2007.
- SANTOS, M.G.; OLIVEIRA, M.T.; FIGUEIREDO, K.V.; FALCÃO, H.M.; ARRUDA, E.C.P.; ALMEIDA-CORTEZ, J.; SAMPAIO, E.V.S.B.; OMETTO, J.P.H.B.; MENEZES, R.S.C.; OLIVEIRA, A.F.M.; POMPELLI, M.F.; ANTONINO, A.C.D. Caatinga, the Brazilian dry tropical forest: can it tolerate climate changes? **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 26, p. 83-99, 2014.
- SILVA, L.M.B.; BARBOSA, D.C.A. Crescimento e sobrevivência de *Anadenanthera macrocarpa* (benth.) Brenan (leguminosae), em uma área de caatinga, alagoinha, Pe. **Acta Botanica Brasilica**, v. 14, n. 3, p. 251-261, 2000.
- SILVA, E.C.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa-de-vegetação. **Revista Ceres**, v. 50, n. 288, p. 203-217, 2003.
- SILVA, O.N.; PAIVA, J.G.A. Morphological and Anatomical studies in grow up leaves of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae Lindley). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas - BLACPMA**, v. 6, n. 2, p. 36-43, 2007.
- SILVA, M.D. **Resiliência e susceptibilidade de tipos funcionais vegetais na paisagem no semiárido nordestino**. 121. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 2012.
- SILVA, S.O.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, J.A.A.; LIRA, M.A.; ALVES JUNIOR, F.T.; CANO, M.O.O.; TORRES, J.E.L. Regeneração natural em um remanescente de caatinga com diferentes históricos de uso no agreste pernambucano. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 441-450, 2012.
- SOSINSKI JÚNIOR, E.E.; PILLAR, V.D. Respostas de tipos funcionais de plantas à intensidade de pastejo em vegetação campestre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 1-9, 2004.
- TROVÃO, D.M DE B.M.; FERNANDES, P.D.; ANDRADE, L.A.; DANTAS NETO, J. Seasonal variations of physiological aspects of Caatinga species. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 307-311, 2007.
- TSUKAYA, H. Leaf Development. **The American Society of Plant Biologists**, v. e0163, p. 1-21, 2013.
- VIANI, R.A.G., RODRIGUES, R.R., DAWSON, T.E., OLIVEIRA, R.S. Functional differences between woodland savannas and seasonally dry forests from south-eastern Brazil: Evidence from <sup>15</sup>N natural abundance studies. **Austral Ecology**, v. 36, p. 974-982, 2011.

- VIEIRA, D.L.M.; SCARIOT, A. Regeneração natural de floresta seca: Implicações para a restauração. **Restauração Ecologia**, v. 14, n. 1, p. 11-20, 2006.
- WEBB, C.T.; HOETING, J.A.; AMES, G.M.; PYNE, M. I.; POFF, N.L. A structured and dynamic framework to advance traits-based theory and prediction in ecology. **Ecology Letters**, v. 13, n. 1, p. 267-283, 2010.
- WRIGHT, I. J.; REICH, P.B.; WESTOBY, M.; ACKERLY, D.D.; BARUCH, Z.Z.; BONGERS, F.; CAVENDER-BARES, J.; CHAPIN, T.; CORNELISSEN, J. H.C.; DIEMER, M.; FLEXAS, J.; GARNIER, E.; GROOM, P.K.; GULIAS, J.; HIKOSAKA, K.; LAMONT, B.B., LEE, T.; LEE, W.; LUSK, C. The worldwide leaf economics spectrum. **Nature**, v. 428, p. 822-828, 2004.
- XU, F.; GUO, W.; XU, W.; WEI, Y.; WANG, R. Leaf morphology correlates with water and light availability: What consequences for simple and compound leaves? **Progress in Natural Science**, v. 19, p. 1789-1798, 2009.
- ZHU, S; SONG, J.; LI, R.; YE, Q. Plant Hydraulic and photosynthesis of 34 woody species from different successional stages of subtropical forest. **Plant, Cell and Environment**, v. 36, n. 1, p. 879-891, 2013.

**Manuscrito**

**Influência das variações morfométricas foliares no crescimento de plantas lenhosas em florestas jovem e madura de ambiente semiárido**

Vanessa Kelly Rodrigues de Araújo, Elcida de Lima Araújo, Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel e Kleber Andrade da Silva

---

Artigo desenvolvido durante o projeto do mestrado em botânica a ser submetido para o Periódico Flora (ver normas em anexo I).



Influência das variações morfométricas foliares no crescimento de plantas lenhosas em florestas jovem e madura de ambiente semiárido

Vanessa Kelly Rodrigues de Araújo<sup>a\*</sup>; Elcida de Lima Araújo<sup>a</sup>; Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel<sup>a</sup>; Kleber Andrade da Silva<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.

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

\*vanessa.rodriguesdearaujo@gmail.com

## RESUMO

Objetivou-se avaliar a relação do tamanho e da taxa de crescimento com a área foliar de espécies lenhosas em florestas com idades diferentes (> 50 anos e 20 anos), em Caruaru-PE. Um total de 600 indivíduos das quatro espécies foi selecionado. As plântulas e juvenis de *Croton blanchetianus* Baill., *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz., *Myracrodruon urundeuva* Allemão e *Commiphora leptophloeos* Mart J.B. Gillett., encontrados foram mensurados quanto à altura e o diâmetro do caule no início e final da estação chuvosa de 2014. Foi coletada uma folha de cada indivíduo no início da estação chuvosa. As folhas foram fotografadas ou digitalizadas para mensuração da área foliar com o programa *Image Tool*. Diferenças na altura e diâmetro e na área foliar entre as florestas foram verificadas pela análise de Kruskal-Wallis. A existência de relação do diâmetro e da altura com a área foliar foi verificada pela análise de regressão linear simples. A altura, o diâmetro e a área foliar foram maiores na floresta jovem para maioria das espécies (plântula e juvenil de *C. blanchetianus* e *C. leptophloeos*, juvenil de *P. pyramidalis* e plântula de *M. urundeuva*). A taxa de crescimento absoluto apresentou valores negativos, nulos e positivos, independente da floresta, estágio e espécie avaliada. A relação entre a área foliar e a taxa de crescimento foi confirmada para algumas espécies. A relação positiva direta entre o tamanho das áreas foliares e a altura e o diâmetro das plantas foi confirmada para os indivíduos juvenis em ambas as florestas.

Palavras-chave: altura, área foliar, diâmetro, taxa de crescimento, antropização.

## 1. Introdução

Variações na morfometria foliar podem ser entendidas como atributos funcionais que podem auxiliar no entendimento da dinâmica das populações vegetais (Doloso et al., 2009; Webb et al., 2010; Silva, 2012). Alterações morfológicas nas folhas de indivíduos podem surgir em função das variações nos fatores bióticos e abióticos e do status de conservação da floresta (Reich et al., 1999; Cornelissen et al., 2003; Queiroga et al., 2003; Carvalho et al., 2006; Fagundes et al., 2006; Markesteijn, 2007; Chagas et al., 2008; Xu et al., 2009; Gaoue et al., 2011; Li e Bão, 2014), sugerindo que tais variações ocorram como forma de compensação ao estresse proporcionado pela elevada irradiação, maximizando e proporcionando maior eficiência nas atividades metabólicas da planta (Klich, 2000; Ackerly, 2004; Rozendaal et al., 2006; Silva e Paiva, 2007; Medeiros et al., 2008; Escudero et al., 2013). Além disso, as variações nas condições do ambiente também podem atuar sobre a dinâmica das populações vegetais, bem como sobre o crescimento do indivíduo (Boeger e Wisniewski, 2003; Cornelissen et al., 2003; Rossi et al., 2007; Araújo et al., 2008a, 2008b; Araújo et al., 2010; Héraut et al., 2011; Royer, 2012; Catoni e Gratani, 2014).

Assim, compreender como as variações morfológicas das folhas ocorrem é de extrema importância para melhor entender a sobrevivência e estabelecimento das plantas no ecossistema (Vieira e Scariot, 2006; Doloso et al., 2009; Alvarez-Añorve et al., 2012; Silva, 2012), principalmente em florestas modificadas por ações humanas, visto que as variáveis ambientais, como temperatura, luz, disponibilidade de água das florestas antropogênicas diferem das variáveis ambientais das florestas maduras (Pereira, 2001; Álvarez-Yépiz et al., 2008; Alvarez-Añorve et al., 2012; Lopes et al., 2012).

Apesar da importância das características morfológicas das folhas para o entendimento da dinâmica das populações vegetais e resiliência das áreas perturbadas, o número de estudos que reúnem evidências sobre a relação entre os fatores ambientais e as características morfológicas da planta ainda é baixo. Isto impossibilita uma discussão ampla e generalizações sobre o papel funcional das variações morfológicas foliares na dinâmica das comunidades vegetais, sobretudo as de ambientes secos, como é o caso da vegetação da caatinga no nordeste do Brasil, na qual a maioria das plantas apresenta a caducifolia como uma estratégia de ajuste que favorece a sobrevivência durante o período seco (Araújo et al., 2007; Quesada et al., 2009; Albuquerque et al., 2012).

Considerando que as condições ambientais das florestas variam em função de sua idade e fase sucessional (Quesada et al., 2009; Alvarez-Añorve et al., 2012), espera-se que o tamanho das folhas das plantas em florestas de diferentes idades possa manter relação com suas taxas de crescimento. Assim, este estudo tem por hipótese a existência de uma relação positiva e direta entre o tamanho das áreas das folhas com o tamanho das plantas (altura e diâmetro) e com a taxa de crescimento absoluto (altura e diâmetro), sendo a taxa de crescimento e áreas foliares maiores na floresta madura.

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou investigar se as variações no tamanho das áreas foliares dos indivíduos, dos estádios ontogenéticos juvenil e plântula, de quatro populações lenhosas, de uma floresta sazonalmente seca, influenciam nos seus respectivos tamanhos e taxas de crescimento absoluto (altura e diâmetro), em função da idade da floresta.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em dois fragmentos florestais, em uma vegetação de caatinga, localizados no Instituto de Pesquisa Agropecuária José Nilson de Melo (IPA), em Caruaru, Pernambuco, Brasil (8°14'18"S e 35°55'20"W, 535 m de altitude).

Desde a fundação do Instituto, em 1959, a vegetação nativa vem sendo reduzida, para fins de pesquisas agrícolas. Atualmente, existe um fragmento de vegetação nativa de 40 ha que vem sendo preservado há cerca de 50 anos, não sendo permitidas atividades de pastagem, madeireira ou agrícola. Neste estudo, este fragmento foi chamado de Floresta Madura. A floresta madura apresenta elevada riqueza de espécies lenhosas e herbáceas, sendo as famílias Euphorbiaceae (com 21 espécies), Fabaceae (19), Malvaceae (14), Poaceae (13), Asteraceae (12) e Convolvulaceae (7) as de maior destaque (Alcoforado-Filho et al., 2003; Reis et al., 2006; Santos et al., 2013), apresentando médias de temperatura, velocidade do vento, luminosidade e umidade relativa do ar em seu interior, durante o período de estudo, de 26.26 °C, 0.14 m/s, 6549 lux e 56.40%, respectivamente. As variáveis abióticas foram quantificadas com o Termo Hígro Anemômetro Luxímetro da marca Instrutherm, modelo Thal 300 (Dados do Laboratório de Ecologia Vegetal de Ecossistemas Naturais da Universidade Federal Rural de Pernambuco - LEVEN/UFRPE).

A segunda floresta compreendia anteriormente em um trecho da floresta madura, com cerca de 3 ha, que foi cortado manualmente para o estabelecimento de um cultivo

experimental de palma-gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill.), sem adição de fertilizantes e uso do fogo. Após o cultivo, a área foi abandonada em 1994 e, devido à capacidade de resiliência da vegetação, ela vem se recuperando naturalmente há 20 anos. Neste estudo, este trecho foi chamado de Floresta Jovem. Atualmente, na floresta jovem existem muitos indivíduos lenhosos imaturos e alguns em fase de reprodução. O componente herbáceo da floresta jovem apresenta maior densidade e riqueza florística do que o da floresta madura. As famílias Euphorbiaceae (com 21 espécies), Fabaceae (16), Malvaceae (14), Poaceae (12), Asteraceae (10) e Convolvulaceae (7) são as mais representativas dessa floresta (Lopes et al., 2012; Santos et al., 2013), que apresentou médias de temperatura, velocidade do vento, luminosidade e umidade relativa do ar em seu interior, durante o período de estudo, de 27.07 °C, 0.32 m/s, 9565 lux e 54.06%, respectivamente. As variáveis abióticas foram quantificadas com o Termo Hígro Anemômetro Luxímetro da marca Instrutherm, modelo Thal 300 (Dados do Laboratório de Ecologia Vegetal de Ecossistemas Naturais da Universidade Federal Rural de Pernambuco - LEVEN/UFRPE). Os fragmentos de floresta jovem e madura são separados por uma estrada de barro e distam cerca de 5 m um do outro.

O clima local é semiárido do tipo BSh, segundo a classificação de Köppen (1948) com precipitação média anual de 680 mm. A precipitação no ano do estudo (2014) foi de 509,6 mm, ficando abaixo da média histórica. A estação chuvosa geralmente ocorre no período entre março e agosto e os demais meses são marcados pela seca. Todavia, podem ocorrer eventuais chuvas na estação seca, bem como veranicos na estação chuvosa (Araújo et al., 2005).

O solo da região é classificado como Podzólico Amarelo eutrófico, abrupto a moderado, textura franco-arenosa, com afloramentos rochosos pertencentes ao núcleo nordestino do Escudo Brasileiro, especificamente à Província Estrutural da Borborema, sendo drenado pelo riacho Olaria, afluente do rio Ipojuca (Alcoforado-Filho et al., 2003; Lopes et al., 2012; Silva et al., 2013).

## 2.2 Espécies selecionadas

Nas duas florestas, as quatro espécies lenhosas mais representativas (em abundância) foram selecionadas para o desenvolvimento do estudo. *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (Fabaceae) e *Croton blanchetianus* Baill. (Euphorbiaceae) são comuns em florestas de caatinga nos estágios iniciais de sucessão. Elas são consideradas espécies colonizadoras iniciais, de maior adaptação a ambientes com maior luminosidade (Queiroz et al., 2006; Trovão et al., 2007). *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) e

*Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) são espécies comumente encontradas nas florestas de caatinga em estágio mais avançado de regeneração, em áreas mais preservadas (Queiroz et al., 2006).

De acordo com a literatura, as espécies selecionadas possuem elevada densidade de indivíduos, além de alto valor de importância tanto para os processos ecológicos como para a economia local, sendo bastante utilizadas para construção, lenha, forragem e medicamento, além de outros usos. Além disso, essas espécies podem perder suas folhas em condições de seca extrema (Alcoforado-Filho, 2003; Prado, 2003; Lucena et al., 2007; Lopes et al., 2012; Trovão et al., 2007).

### 2.3 Coleta de dados

Para verificar se o tamanho da folha influenciava o tamanho do indivíduo e a taxa de crescimento da planta foram selecionados 600 indivíduos das quatro espécies (tabela 1), com duas ou mais folhas, nas florestas jovem e madura. Para seleção dos indivíduos foram realizadas caminhadas em um trecho de 1 ha em cada floresta. Os indivíduos selecionados para as análises foram os que sobreviveram do início ao final da estação chuvosa de 2014, os quais foram mensurados o diâmetro do caule no nível do solo e a altura total do caule. As medições foram realizadas no início (março/2014) e no final (agosto/2014) da estação chuvosa, com auxílio de paquímetro, trena e vara graduada. O local da primeira medição foi marcado com tinta na planta e a segunda medição foi realizada a partir do ponto marcado na primeira medição.

Uma folha completamente expandida, íntegra e localizada na posição mediana do eixo principal de cada indivíduo (das quatro espécies) foi coletada no início (março/2014) da estação chuvosa, nas florestas jovem e madura. As amostras foliares coletadas foram etiquetadas (de acordo com data de coleta, idade da floresta, nome da espécie, número do indivíduo em ordem crescente e estágio ontogenético) e colocadas em sacos plásticos e acondicionadas em caixa térmica. Em laboratório, as folhas foram digitalizadas em scanner de mesa e fotografadas com escala em cm, para a construção do banco de dados de imagens digitais. As imagens das folhas digitalizadas foram utilizadas para determinação das medidas da área foliar, utilizando-se o programa *Image Tool* para análise de imagens digitais (Wilcox et al., 2002). Assim, para cada floresta foi construído um banco de dados no Excel com as

medidas de tamanho das folhas dos indivíduos de cada estágio ontogenético das espécies selecionadas.

A identificação dos estágios ontogenéticos plântula e juvenil foi realizada com base nas características morfológicas externas (Gatsuk et al., 1980; Lawson e Poethig, 1995; Araújo et al., 2008b): 1) Plântula: indivíduos recém-germinados que apresentavam caules tenros e verdes, com ou sem cotilédones e com presença de sistema radicular próprio. Para identificar se o indivíduo apresentava sistema radicular próprio, sendo oriundo de germinação de semente e não de origem clonal, foram feitas escavações na base do sistema caulinar da planta para observar a existência de conexões subterrâneas entre indivíduos. Durante as escavações foi tomado o cuidado de não danificar o sistema radicular da planta; 2) Juvenil: indivíduos com caule lignificado e sem ramificação caulinar ou então, com ramificação de ordem apenas primária e presença de uma sistema radicular próprio.

Indivíduos clonais foram classificados no estágio juvenil. No caso de indivíduos com mais de um eixo caulinar a partir do solo, o mais desenvolvido foi considerado como o eixo principal. Ramificações a partir do caule principal foram consideradas de ordem primária e ramificações a partir das ramificações primárias foram consideradas secundárias. Indivíduos com ramificações secundárias não foram amostrados por não pertencerem ao estágio juvenil

Além disso, para facilitar o reconhecimento do estágio plântula das espécies selecionadas desde o momento de sua germinação, sementes das mesmas foram coletadas e colocadas para germinar em casa de vegetação, sendo as plântulas fotografadas e algumas herborizadas.

#### 2.4 Análise dos dados

A taxa de crescimento absoluto das plantas dos diferentes estágios de ambas as florestas foi determinada pela diferença no tamanho ( $t$ ) dos indivíduos (altura e diâmetro) e o intervalo de tempo de medição, através da fórmula  $(t_1 - t_0)/T$ , onde  $t_1$  foi a segunda medição;  $t_0$  foi a primeira medição; e  $T$  o tempo decorrido entre as medições. A análise do crescimento em altura e diâmetro foi apresentada apenas para os 600 indivíduos que sobreviveram durante o tempo do estudo. Será calculado o percentual de indivíduos que apresentaram taxas de crescimento positiva, negativa e nula

Diferenças no tamanho em altura e em diâmetro dos indivíduos, nas taxas de crescimento absoluto médio em diâmetro e em altura e no tamanho da área foliar entre as florestas jovem e madura, para cada estágio ontogenético (plântula e juvenil) e espécie, foram

verificadas pela análise de Kruskal-Wallis, com o teste de Student-Newman-Kleus a *posteriori*. A relação do diâmetro (cm) e da altura (m) com a área foliar (cm<sup>2</sup>) nos estádios ontogenéticos plântula e juvenil de cada espécie, nas florestas jovem e madura, foi verificada pela análise de regressão linear simples. As análises foram realizadas no programa BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007; Zar, 1996).

### 3. Resultados

#### 3.1 Tamanho dos indivíduos e área foliar

Os dados analisados revelaram variações no tamanho dos indivíduos das espécies selecionadas nas florestas jovem e madura. O diâmetro médio foi maior na floresta jovem apenas no estágio juvenil de *Croton blanchetianus* e nos estádios plântula e juvenil de *Commiphora leptophloeos* (tabela 2). A altura média dos juvenis de *C. blanchetianus* e *C. leptophloeos* foi maior na floresta jovem. A altura média das plântulas de *C. blanchetianus* e *Poincianella pyramidalis* e dos juvenis de *Myracrodruon urundeuva* foi maior na floresta madura (tabela 2).

As plântulas e juvenis de *C. blanchetianus* e de *C. leptophloeos* e as plântulas de *M. urundeuva* tiveram maior área foliar média na floresta jovem. As plântulas de *P. pyramidalis* tiveram maior área foliar média na floresta madura (tabela 2).

Algumas relações de altura e diâmetro com a área foliar foram significativas para as quatro espécies e todas as relações significativas foram positivas (tabela 3). No geral, houve um maior número de relações de altura e diâmetro com a área foliar no estágio juvenil. Na floresta madura, as variações no tamanho da área foliar das plântulas de *M. urundeuva* e dos juvenis de *P. pyramidalis* explicaram mais de 30% da variação no tamanho em diâmetro e altura (tabela 3).

#### 3.2 Taxas de crescimento e área foliar

Nas duas florestas, todas as espécies apresentaram plântulas e indivíduos juvenis que não cresceram ou que apresentaram taxa de crescimento absoluto positiva ou negativa, tanto em altura quanto em diâmetro. Cerca de 90%, 75% e 65% das plântulas de *C. blanchetianus*, *M. urundeuva* e *C. leptophloeos*, respectivamente, apresentaram taxa de crescimento em diâmetro nula ou negativa nas duas florestas. Em *P. pyramidalis*, 53% das plântulas da

floresta madura e apenas 7% (78% com valores negativos) das plântulas da floresta jovem apresentaram valores positivos.

A maioria das plântulas de *C. blanchetianus* (80%) e *M. urundeuva* (64%) apresentou taxa positiva de crescimento em altura na floresta jovem. Na floresta madura, o percentual de plântulas das duas espécies com taxa positiva de crescimento em altura, reduziu pela metade. Cerca de 70% e 65% das plântulas de *P. pyramidalis* e *C. leptophloeos*, respectivamente, apresentaram taxa de crescimento em altura positiva nas duas florestas.

Em *C. blanchetianus*, 73% dos juvenis apresentaram taxa negativa ou nula de crescimento em diâmetro na floresta madura e, na floresta jovem, este percentual caiu para 53%. Na floresta jovem, 34% dos juvenis de *P. pyramidalis* e *C. leptophloeos* apresentaram taxa positiva de crescimento em diâmetro. Na floresta madura, este percentual aumentou para 50%. A maioria dos juvenis de *M. urundeuva* (80%) apresentou taxa negativa ou nula de crescimento em diâmetro na floresta jovem e, na floresta madura, o percentual caiu pela metade.

Cerca de 50%, 50% e 36% dos juvenis de *C. blanchetianus*, *P. pyramidalis* e *C. leptophloeos*, respectivamente, apresentaram taxa de crescimento em altura nula ou negativa nas duas florestas. Em *M. urundeuva*, 70% dos juvenis apresentaram taxa negativa ou nula de crescimento em altura na floresta madura e, na floresta jovem, este percentual reduziu para 50%.

A taxa de crescimento médio em diâmetro foi maior na floresta madura apenas no estágio juvenil de *M. urundeuva* e plântula de *P. pyramidalis* (tabela 4). A taxa de crescimento médio em altura foi maior na floresta jovem apenas no estágio plântula de *M. urundeuva* (tabela 4).

Não houve relação entre as taxas de crescimento médio em diâmetro e altura e a área foliar de *C. blanchetianus* e *C. leptophloeos*. A taxa de crescimento médio em diâmetro das plântulas de *M. urundeuva* na floresta jovem foi positivamente relacionada com a área foliar ( $F=8,2072$ ;  $p=0,0076$ ;  $R^2=0,1937$ ). Em *P. pyramidalis*, as taxas de crescimento médio em: 1) diâmetro dos juvenis da floresta jovem ( $F=4,8733$ ;  $p=0,0302$ ;  $R^2=0,0733$ ); 2) altura dos juvenis da floresta madura ( $F=6,2493$ ;  $p=0,0155$ ;  $R^2=0,1066$ ); e 3) diâmetro das plântulas da floresta madura ( $F=5,3481$ ;  $p=0,0318$ ;  $R^2=0,1946$ ) foram positivamente relacionados com a área foliar.

#### 4. Discussão



#### 4.1 Tamanho dos indivíduos e área foliar

Variações nos tamanhos das plantas e nos tamanhos das folhas são relatadas para indivíduos de espécies de diferentes florestas do mundo sobre diferentes condições ambientais (McLaren e McDonald, 2003; Lopes et al., 2012; Araújo et al., 2008b; Araújo et al., 2010; Barry e Pinkard, 2003; Farjado et al., 2013), sendo admitido que as variações microclimáticas, como temperatura, precipitação e intensidade luminosa possam ter um papel de explicação sobre os tamanhos das plantas ou sobre seus eventos fenológicos (Lebrija-Trejos, 2011; Toledo et al., 2011; Dreiss e Volin, 2013). Em geral, as florestas secas recebem maior intensidade luminosa quando comparada às florestas úmidas, o que induz as plantas apresentarem folhas com áreas foliares de menor tamanho (Murphy e Lugo, 1986) e, de acordo com Carvalho et al. (2012), nas florestas secas do tipo caatinga, a luz não funciona como um fator limitante do crescimento das plantas lenhosas porque as florestas de caatinga não apresentam dossel contínuo.

Contudo, vale destacar que um fator ambiental pode influenciar o desenvolvimento das plantas não só por sua falta, mas também pelo seu excesso. Por exemplo, excesso de luz sobre os tecidos foliares pode levar a fotooxidação de compostos e substâncias dos tecidos das plantas (Taiz e Zeiger, 2004), influenciando o crescimento do indivíduo vegetal, sendo de extrema importância para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas, conhecer como as plantas respondem as variações das condições microclimáticas.

Neste estudo, foram detectadas variações no tamanho das folhas, no diâmetro e altura dos indivíduos nas florestas jovem e madura. Dependendo da espécie e do estágio ontogenético da planta foram detectadas diferenças nas variações de tamanhos entre as florestas e as variações no tamanho da área foliar explicaram parte das variações no diâmetro e na altura dos indivíduos das espécies estudadas. O fato das diferenças detectadas depender da espécie considerada sugere existir especificidade quanto às exigências de recursos utilizados por cada espécie, bem como na alocação dos recursos obtidos pela planta que também pode variar entre os estágios ontogenéticos (Mediavilla e Escudero, 2003; Lemos et al., 2011; Alvarez-Añorve et al., 2012).

Atualmente, muitas áreas de vegetação nativa vêm sendo modificadas por ações humanas no mundo inteiro e alguns estudos reúnem evidências mostrando que as condições ambientais das florestas como luminosidade, precipitação e disponibilidade de nutrientes e água no solo variam em função da idade da floresta antropogênica, e que essas condições

influenciam o estabelecimento das plantas e a velocidade de recuperação das florestas (Pereira, 2001; Vieira e Scariot, 2006; Bakke et al., 2006; Toledo et al., 2011; Lopes et al., 2012). Neste estudo, o fato de plântulas de *P. pyramidalis*, *C. blanchetianus* e *M. urundeuva* apresentarem maior altura na floresta madura, corrobora com o relato de que as condições microclimáticas encontradas em florestas jovens, tais como luminosidade, temperatura, velocidade do vento, disponibilidade de água e nutriente no solo, sejam menos favoráveis ao crescimento de plântulas. Fato esse que pode retardar o processo de resiliência das florestas modificadas por ações humana.

Além disso, a alocação dos recursos obtidos pelo vegetal varia em função do estágio de desenvolvimento da planta, sendo registrado que as plântulas alocam recursos e investem energia para o crescimento em raiz, o que vai favorecer seu estabelecimento inicial no ambiente. Já indivíduos juvenis alocam recurso para crescimento do caule o que possibilita seu desenvolvimento e o alcance da maturidade (Alvarez-añorve et al., 2012). Todavia, a planta pode modificar a forma de alocação do recurso obtido durante seu crescimento e desenvolvimento (Soriano et al., 2013), o que ocorre tanto em florestas maduras como em florestas mais jovens (Alvarez-Añorve et al., 2012).

#### 4.2 Taxas de crescimento e área foliar

Ao contrário de nossas expectativas, neste estudo indivíduos juvenis das populações de *C. blanchetianus* e *C. leptophloeos* apresentaram melhor desempenho do crescimento em altura na floresta jovem que apresenta condições de luminosidade mais intensa quando comparada à floresta madura, sendo o crescimento destas plantas positivamente correlacionado com o maior tamanho de suas áreas foliares. O fato de estes indivíduos apresentarem maior crescimento em altura na floresta jovem possivelmente seja um reflexo da habilidade destas espécies para colonizar espaços vazios ou suportar locais mais restritivos quanto à disponibilidade temporal da água, pois *C. blanchetianus* é considerada uma espécie colonizadora de estágios sucessionais iniciais que apresenta tolerância para crescer em locais com maior incidência de luz (Klich, 2000; Queiroz et al., 2006; Barros e Soares, 2013). Apesar de *C. leptophloeos* apresentar crescimento lento, sendo encontrada mais comumente em áreas com estágio de sucessão mais tardio, (Queiroz et al., 2006), ela apresenta madeira de baixa densidade e que acumula muita água em seus tecidos (Lima et al., 2012) e talvez, esta característica tenha possibilitado que suas plântulas e indivíduos juvenis apresentassem maior tamanho na floresta jovem, indicando que as estratégias de ocupação de espaços abertos

possam variar entre florestas de caatinga em função da composição de espécie e de suas características biológicas.

Neste estudo, a maioria das espécies apresentou maior área foliar na floresta jovem, que recebe maior incidência de luz e apresenta temperatura mais elevada quando comparada a floresta madura, fato que diverge dos padrões encontrados em outros estudos que apontam menor área foliar em locais com maior irradiação (Wright et al., 2004; Rozendaal et al., 2006; Markesteijn, 2007; Xu et al., 2009; Royer, 2012; Escudero et al., 2013; Catoni e Gratani, 2014; Li e Bão, 2014).

Nas florestas maduras de ambientes úmidos, as copas das árvores reduzem a incidência de luminosidade que chega ao sub-bosque e solo da floresta. Conseqüentemente, muitas plantas por competir pela luz, investem recursos para crescer em altura (Klich, 2000). Apesar da luz não ser considerado um fator limitante para o crescimento das plantas lenhosas de ambientes secos, como as florestas maduras de caatinga (Carvalho et al., 2012), a incidência luminosa que chega ao solo é menor, devido um dossel mais fechado, quando comparado a áreas de caatinga perturbadas por ações humanas, o que pode contribuir para que as plantas das florestas madura apresentem maior altura, fato que talvez justifique as maiores alturas dos indivíduos juvenis de *M. urundeuva* e das plântulas de *C. blanchetianus* e *P. pyramidalis* registradas na floresta madura.

Taxas de crescimento nulo, negativo ou positivo em plantas da caatinga de florestas maduras podem ocorrer em todos os estádios ontogenéticos, tanto na estação chuvosa quanto na estação seca (Araújo et al., 2010), o que também foi confirmado neste estudo. Em adição, este estudo mostra que taxas de crescimento nulo, positivo e negativo também ocorre em florestas mais jovens, modificadas por ações humanas, podendo ocorrer correlação na taxa de crescimento em diâmetro de algumas espécies com o seu tamanho de área foliar, a qual chega explicar de 7 a 19% do crescimento do diâmetro das plantas nas florestas jovens.

A taxa de crescimento negativo em altura pode está relacionada à quebra dos ramos das plantas fragilizados pelas injúrias das estações seca ou por herbivoria, sobretudo por ação de formigas. Já a taxa de crescimento negativo em diâmetro pode ocorrer devido à perda de água ou consumo das reservas do caule (Araújo et al., 2010). No ano do monitoramento deste estudo, ocorreram veranicos dentro da estação chuvosa, induzindo momentos de estresse hídrico que pode ter afetado a taxa de crescimento da planta tornando-as negativas. Todavia, ocorreram indivíduos em todos os estádios e em todas as espécies que apresentaram taxas

positivas de crescimento, o que pode ser reflexo da variabilidade genética existente na população.

## 5. Conclusão

Por fim, as expectativas de ocorrer relação entre área foliar e taxa de crescimento foi confirmada para algumas espécies selecionadas. A relação positiva direta entre as áreas foliares e a altura e o diâmetro das plantas foi confirmada para os indivíduos juvenis em ambas as florestas. Todavia, a taxa de crescimento das plantas pode ser maior na floresta madura, o que vai de encontro à hipótese deste estudo. Além disso, as variações nas taxas de crescimento registradas neste estudo levantam questões curiosas e que necessitam ser mais investigadas em estudos futuros, pois se as plantas para serem recrutadas para a idade adulta necessitam crescer e desenvolver-se qual seria o sentido biológico de ocorrerem tantos indivíduos com taxas de crescimento nula ou negativa em ambas as florestas?

## 6. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto de Pesquisa Agropecuária (IPA) pelo apoio logístico; aos pesquisadores dos Laboratórios de Ecologia Vegetal e Ecossistemas Nordestinos (LEVEN) e Fitomorfologia funcional (LAFF) pelo apoio na coleta e análises dos dados; e ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa e apoio financeiro ao projeto.

## 7. Referência bibliográfica

- Ackerly, D. 2004. Functional strategies of chaparral shrubs in relation to seasonal water deficit and disturbance. *Ecological Monographs*. 74, 25-44.
- Albuquerque, U.P., Araújo, E.L., El-deir, A.C.A., Lima, A.L.A., Souto, A., Bezerra, B.M., Ferraz, E.M.N.F., Freire, E.M.X., Sampaio, E.V.S.B., Las-Casas, F.M.G., Moura G.J.B., Pereira, G.A., Melo, J.G., Ramos, M.A., Rodal, M.J.N., Schiel, N., Lyra-Neves, R.M., Alves, R.R.N., Azevedo-Júnior, S.M., Telino Júnior, W.T., Severi, W. 2012. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *The Scientific World Journal*. 2012, 1-18.

- 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, 287-303.
- Alvarez-Añorve, M.Y., Quesada, M., Sánchez-Azofeifa, G.A., Avila-Cabadilla, L.D., Gamon, J.A. 2012. Functional regeneration and spectral reflectance of trees during succession in a highly diverse tropical dry forest ecosystem. *American Journal of Botany*. 99, 816-826.
- Álvarez-yépez, J.C., Martínez-yrízar, A., Búrquez, A., Lindquist, C. 2008. Variation in vegetation structure and soil properties related to land use history of old-growth and secondary tropical dry forests in northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management*. 256, 355-366.
- Araújo, E.L., Castro, C.C., Albuquerque, U.P. 2007. Dynamics of Brazilian caatinga: a review concerning the plants, environment and people. *Functional Ecosystems and Communities*. 1, 15-29.
- Araújo, E.L., Martins, F.R., Santos, F.A.M. 2010. Estádios ontogenéticos e variações no crescimento anual do caule de duas espécies lenhosas em uma área de vegetação de caatinga, Pernambuco, Brasil. In: Albuquerque, U.P., Moura, A.N., Araújo, E.L. (Eds.), *Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos*, Comunigraf/Nupea, Recife, pp. 387-410.
- Araújo, E.L., Nogueira, R.J.M.C., Silva, S.I., Silva, K.A., Santos, A.V.C., Santiago, G.A. 2008a. Ecofisiologia de plantas da caatinga e implicações na dinâmica das populações e do ecossistema. In: Moura, A.N., Araújo, E.L., Albuquerque, U.P. (Eds.), *Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos*, Comunigraf/Nupea, Recife, pp. 329-361.
- Araújo, E.L., Martins, F.R., Santos, F.A.M. 2008b. Ontogenia e variações alométricas na relação comprimento-diâmetro do caule em plantas lenhosas da caatinga. In: Albuquerque, U.P., Moura, A.N., Araújo, E.L. (Eds.), *Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos*, Comunigraf/Nupea, Recife, pp. 81-104.
- 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, 285-294.
- Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D.L., Santos, A.S. 2007. *BIOESTAT - Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas*. Belém, PA.: Ong Mamiraua.

- Bakke, I.A., Bakke, O.A., Andrade, A.P., Salcedo, I.H. 2006. Regeneração natural da jurema preta em áreas sob pastejo de bovinos. *Revista Caatinga*. 19, 228-235.
- Barry, K.M., Pinkard, E.A. 2013. Growth and photosynthetic responses following defoliation and bud removal in eucalypts. *Forest Ecology and Management*. 293, 9-16.
- Barros, I.O., Soares, A.A. 2013. Adaptações anatômicas em folhas de marmeleiro e velame da caatinga brasileira. *Revista ciência agrônômica*. 44, 192-198.
- Boeger, M.R.T., Wisniewski, C. 2003. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. 26, 61-72.
- Carvalho, E.C.D., Souza, B.C., Trovão, D.M.B.M. 2012. Ecological succession in two remnants of the caatinga in the semi-arid tropics of Brazil. *Revista Brasileira de Biociência*. 10, 13-19.
- Carvalho, N.O.S., Pelacani, C.R., Rodrigues, M.O.S., Crepaldi, I.C. 2006. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (MART.) BECC.) em diferentes níveis de luminosidade. *Revista Árvore*. 30, 351-357.
- Catoni, R., Gratani, L. 2014. Variations in leaf respiration and photosynthesis ratio in response to air temperature and water availability among Mediterranean evergreen species. *Journal of Arid Environments*. 102, 82-88.
- Chagas, M.G.S., Silva, M.D., Galvêncio, J.D. & Pimentel, R.M.M. 2008. Variações foliares em grupos funcionais vegetais de uma paisagem de restinga, Pernambuco-Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 1, 50-63.
- Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., Ter-Steege, H., Morgan, H.D., Van der Heijden, M.G.A., Pausas, J.G., Poorter, H. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*. 51, 335-380.
- Doloso, D.M., Holsback-Menegucci, Z.R., Santiago, E.F. 2009. Efeitos da radiação ultravioleta-C sobre a simetria e morfoanatomia foliar de *Rapanea ferruginea* (Ruiz et. Pav) Mez. (Myrsinaceae). *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 31, 165-172.
- Dreiss L.M. & Volin J.C. 2013. Influence of leaf phenology and site nitrogen on invasive species establishment in temperate deciduous forest understories. *Forest Ecology and Management*. 296, 1-8.

- Escudero, A., Fernández, J., Cordero, A., Mediavilla, S. 2013. Distribution of leaf characteristics in relation to orientation within the canopy of woody species. *Acta Oecologica*. 48, 13-20.
- Fagundes, J.L., Fonseca, D.M., Mistura, C., Morais, R.V., Vitor, C.M.T., Gomide, J.A., Nascimento, D.J., Casagrande, D.R., Costa, L.T. 2006. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35, 21-29.
- Fajardo, L., Rodríguez, J.P., González, V., Briceño-Linares, J.M. 2013. Restoration of a degraded tropical dry forest in Macanao, Venezuela. *Journal of Arid Environments*. 88, 236-243.
- Gaoue, O.G., Sack, L., Ticktin, T. 2011. Human impacts on leaf economics in heterogeneous landscapes: the effect of harvesting non-timber forest products from African mahogany across habitats and climates. *Journal of Applied Ecology*. 48, 844–852.
- Gatsuk, L.E., Smirnova, O.V., Vorontzova, L.I., Zaugolnova, L.B., Zhvkova, L.A. 1980. Age states of plants of various growth forms: a review. *Journal of Ecology*, 68, 675-696.
- Héroult, B.; Bachelot, B.; Poorter, L.; Rossi, V.; Bongers, F.; Chave, J.; Paine, C.E.T.; Wagner, F.; Baraloto, C. 2011. Functional traits shape ontogenetic growth trajectories of rain forest tree species. *Journal of Ecology*. 99, 1431-1440.
- Klich, M.G. 2000. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. *Environmental and experimental botany*. 44, 171-183.
- Köppen, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Economica. 478 p.
- Lawson, E.J.R., Poethig, S. 1995. Shoot development in plants: time for a change. *Trends in Genetics*. 11, 263-268.
- Lebrija-Trejos, E., Pérez-García, E., Meave J.A., Poorter, L., Bongers, F. 2011. Environmental changes during secondary succession in a tropical dry forest in Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 27, 477-489.
- Lemos, A.O., Silva, S.I., Gallindo, R.P., Xavier, B.T., Araújo, E.L. 2011. Respostas ecofisiológicas de *Bernardia sidoides* Müll. Arg. ao estresse hídrico. *Revista de Geografia*, 28, 149-160.
- Li, F.L., Bão, W.K. 2014. Elevational trends in leaf size of *Campylotropis polyantha* in the arid Minjiang River valley, SW China. *Journal of Arid Environments*. 108, 1-9.

- Lima, A.L.A., Sampaio, E.V.S.B., Castro, C.C., Rodal, M.J.N., Antonino, A.C.D., Melo, A.L. 2012. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? *Trees*. 26, 1605-1616.
- Lopes, C.G.R., Ferraz, E.M.N., Castro, C.C., Lima, E.L., Santos, J.M.F.F., Santos, D.M., Araújo, E.L. 2012. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. *Forest Ecology and Management*. 271, 115-123.
- Lucena, R.F.P., Araújo, E.L., Albuquerque, U.P. 2007. Does the local availability of woody caatinga plants (Northeastern Brazil) explain their use value?. *Economic Botany*. 61, 347-361.
- Murphy, P.G., Lugo, A.E. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 17, p. 67-88, 1986.
- Markestijn, L., Poorter, L., Bongers, F. 2007. Light-dependent leaf trait variation in 43 tropical dry forest tree species. *American journal of botany*. 94, 515-525.
- Mclaren, K.P., Mcdonald, M.A. 2003. The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. *Forest Ecology and Management*. 183, 61-75.
- Medeiros, M.L.D., Santos, R.S., Tertuliano, S.S.X. 2008. Avaliação do estado nutricional de dez espécies arbóreas ocorrentes no semi-árido paraibano. *Revista Caatinga*, 21, 31-39.
- Mediavilla, S., Escudero, A. 2003. Mature trees versus seedlings: Differences in leaf traits and gas exchange patterns in three co-occurring Mediterranean oaks. *Annals of Forest Science*. 60, 455-460.
- Pereira, I.M., Andrade, L.A., Costa, J.R.M., Dias, J.M. 2001. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. *Acta Botanica Brasilica*. 15, 413-426.
- Prado, D.E. 2003 As caatingas da América do Sul. In: Leal, I., Tabarelli, M., Silva, J.M.C (Eds.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, pp. 3-73.
- Queiroga, J.L., Romano, E.D.U., Souza, J.R.P., Miglioranza, E. 2003. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. *Horticultura Brasileira*. 21, 64-68.



- Queiroz, J.A., Trovão, D.M.B.M., Oliveira, A.B., Oliveira, E.C.S. 2006. Análise da estrutura fitossociológica da Serra do Monte, Boqueirão, Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. 6, 251-259.
- Quesada, M., Sanchez-Azofeifa, G. A., Alvarez-anõrve, M., Stoner, K. E., Avila-Cabadilla, L., Calvo-Alvarado, J., Castillo, A., Espírito-Santo, M.M., Fagundes, M., Fernandes, G.W., Gamonb, J., Lopezaiza-Mikel, M., Lawrence, D., Morellato, L.P.C., Powers, J.S., Neves F.S., Rosas-Guerrero, V., Sayago R., Sanchez-Montoya, G. 2009. Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. *Forest Ecology and Management*. 258, 1014-1024.
- Reich, P.B., Ellsworth, D.S., Walters, M.B., Vose, J.M., Gresham, C., Volin, J.C. & Bowman, W.D. 1999. Generality of leaf trait relationships: a test across six biomes. *Ecology*, 80, 1955-1969.
- Reis, A.M.S., 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, 497-508.
- Rossi, L.M.B., Koehler, H.S., Arce, J.E., Sanquetta, C.R. 2007. Modelagem de recrutamento em florestas. *FLORESTA*. 37, 453-467.
- Royer, D.L. 2012. Leaf Shape Responds to Temperature but Not CO<sub>2</sub> in *Acer rubrum*. *Plos One*, 7, e49559 1-5.
- Rozendaal, D. M.A., Hurtado, V.H., Poorter, L. 2006. Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light: relationships with light demand and adult stature. *Functional Ecology*. 20, 207-216.
- Santos, J.M.F.F., Santos, D.M., Lopes, C.G.R., Silva, K.A. Sampaio, E.V.S.B., Araújo, E.L. 2013. Natural regeneration of the herbaceous community in a semiarid region in Northeastern Brazil. *Environmental Monitoring Assessment*. 73, 135-148.
- Silva, K.A., Santos, D.M., Santos, J.M.F.F., Albuquerque, U.P., Ferraz, E.M.N., Araújo, E.L. 2013. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecologica*. 46, 25-32.
- Silva, M. 2012. Resiliência e susceptibilidade de tipos funcionais vegetais na paisagem no semiárido nordestino. 121f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

- Silva, O.N., Paiva, J.G.A. 2007. Morphological and anatomical studies in grow up leaves of *Spondias tuberosa* arruda (Anacardiaceae Lindley). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas – BLACPMA*. 6, 36-43.
- Soriano, D., Huante, P., Buen, A.G., Orozco-Sogovia, A. 2013. Seed reserve translocation and early seedling growth of eight tree species in a tropical deciduous forest in Mexico. *Plant Ecology*, 214, 1361-1375.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2004) *Fisiologia vegetal*. 3ª Ed. Porto Alegre.: Artmed.
- Toledo, M., Poorter, L., Peña-Claros, M., Alarcón, A., Balcázar, J., Leño, C., Licona, J.C., Llanque, O., Vroomans, V., Zuidema, P., Bongers, F. 2011. Climate is a stronger driver of tree and forest growth rates than soil and disturbance. *Journal of Ecology*. 99, 254-264.
- Trovão, D.M.B.M., Fernandes, P.D., Andrade, L.A., Dantas Neto, J. 2007. Seasonal variations of physiological aspects of caatinga species. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 11, 307-311.
- Vieira, D.L.M., Scariot, A. 2006. Regeneração natural de floresta seca: Implicações para a restauração. *Restauração Ecologia*. 14, 11-20.
- Webb, C.T., Hoeting, J.A., Ames, G.M., Pyne, M.I., Poff, N.L. 2010. A structured and dynamic framework to advance traits-based theory and prediction in ecology. *Ecology Letters*. 13, 267-283.
- Wilcox, D., Dove, B., McDavid, D., Greer, D. 2002. UTHSCSA Image Tool 3.0. UTHSCSA.
- Wright, I.J., Reich, P.B., Westoby, M., Ackerly, D.D., Baruch, Z.Z., Bongers, F., Cavender-Bares, J., Chapin, T., Cornelissen, J.H.C., Diemer, M., Flexas, J., Garnier, E., Groom, P.K., Gulias, J., Hikosaka, K., Lamont, B.B., Lee, T., Lee, W., LusK, C. 2004. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*. 428, 822-828.
- Xu, F., Guo, W., Xu, W., Wei, Y. & Wang, R. 2009. Leaf morphology correlates with water and light availability: What consequences for simple and compound leaves? *Progress in Natural Science*. 19, 1789-1798.
- Zar, J. 1996. *Biostatistical Analysis* Upper Saddle River. Prentice-Hall.

Tabela 1. Número de indivíduos selecionados das quatro espécies, nos estádios ontogenéticos plântula e juvenil e nas florestas jovem e madura de caatinga.

<b>Espécies</b>	<b>Floresta jovem</b>		<b>Floresta Madura</b>		<b>Total</b>
	<b>Plântula</b>	<b>Juvenil</b>	<b>Plântula</b>	<b>Juvenil</b>	
<i>Croton blanchetianus</i>	50	50	50	50	200
<i>Poincianella pyramidalis</i>	50	50	50	50	200
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	30	30	30	30	120
<i>Commiphora leptophloeos</i>	20	20	20	20	80
<b>Total</b>					<b>600</b>

Tabela 2. Média ( $\pm$  desvio padrão) do diâmetro (cm), da altura (m) e da área foliar ( $\text{cm}^2$ ) de quatro espécies, nos estádios ontogenéticos plântula e juvenil e em florestas jovem e madura de caatinga. Letras diferentes na mesma linha denotam diferença significativa no diâmetro ou altura ou área foliar entre as florestas jovem e madura, para cada estágio e espécie, pela análise de Kruskal-Wallis, com teste de Student-Newman-Kleus a *posteriori*.

Espécie	Estádio	Diâmetro		Altura		Área foliar	
		Jovem	Madura	Jovem	Madura	Jovem	Madura
<i>Croton blanchetianus</i>	Plântula	0.10 $\pm$ 0.01a	0.10 $\pm$ 0.03a	4.94 $\pm$ 1.61b	6.26 $\pm$ 1.81a	11.7 $\pm$ 11.3a	2.1 $\pm$ 1.3b
	Juvenil	0.38 $\pm$ 0.30a	0.19 $\pm$ 0.17b	58.14 $\pm$ 61.46a	21.14 $\pm$ 31.66b	258.7 $\pm$ 213.6a	18.8 $\pm$ 29.1b
<i>Poincianella pyramidalis</i>	Plântula	0.13 $\pm$ 0.06a	0.15 $\pm$ 0.05a	6.44 $\pm$ 3.49b	7.87 $\pm$ 3.00a	4.9 $\pm$ 3.4b	8.3 $\pm$ 4.3a
	Juvenil	0.24 $\pm$ 0.11a	0.26 $\pm$ 0.13a	21.52 $\pm$ 26.01a	21.03 $\pm$ 25.85a	57.4 $\pm$ 99.9a	42.7 $\pm$ 40.2a
<i>Commiphora leptophloeos</i>	Plântula	0.35 $\pm$ 0.07a	0.28 $\pm$ 0.05b	10.68 $\pm$ 2.48a	9.43 $\pm$ 2.34a	8.02 $\pm$ 3.2a	5.45 $\pm$ 1.6b
	Juvenil	0.93 $\pm$ 0.33a	0.40 $\pm$ 0.17b	71.35 $\pm$ 40.23a	31.98 $\pm$ 31.84b	30.5 $\pm$ 17.4a	20.3 $\pm$ 14.5b
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Plântula	0.07 $\pm$ 0.02a	0.06 $\pm$ 0.03a	5.69 $\pm$ 1.91a	5.52 $\pm$ 2.66a	2.6 $\pm$ 1.6a	1.8 $\pm$ 0.9b
	Juvenil	0.28 $\pm$ 0.38a	0.39 $\pm$ 0.44a	37.27 $\pm$ 62.03b	53.96 $\pm$ 77.70a	24.5 $\pm$ 32.5a	39.1 $\pm$ 31.0a

Tabela 3. Relação do diâmetro (cm) e da altura (m) com a área foliar (cm<sup>2</sup>) de quatro espécies, nos estádios ontogenéticos plântula e juvenil e em florestas jovem e madura de caatinga. - = ausência de relação.

Espécie	Estádio	Diâmetro		Altura	
		Jovem	Madura	Jovem	Madura
<i>Croton</i>	Plântula	-	-	-	-
<i>blanchetianus</i>	Juvenil	F=11,17; p=0,002; R <sup>2</sup> =0,17	-	F=6,97; p=0,010; R <sup>2</sup> =0,11	-
<i>Poincianella</i>	Plântula	F=5,41; p=0,023; R <sup>2</sup> =0,09	-	-	-
<i>pyramidalis</i>	Juvenil	F=4,86; p=0,030 R <sup>2</sup> =0,07	F=29,23; p<0,001; R <sup>2</sup> =0,39	-	F=23,72; p<0,001; R <sup>2</sup> =0,34
<i>Commiphora</i>	Plântula	-	-	-	-
<i>leptophloeos</i>	Juvenil	F=4,26; p<0,048; R <sup>2</sup> =0,12	-	-	-
<i>Myracrodruon</i>	Plântula	-	F=25,17; p<0,001; R <sup>2</sup> =0,37	F=7,46; p=0,010; R <sup>2</sup> =0,17	F=26,46; p<0,001; R <sup>2</sup> =0,38
<i>urundeuva</i>	Juvenil	F=19,41; p<0,001; R <sup>2</sup> =0,26	F=5,62; p=0,025; R <sup>2</sup> =0,16	F=19,15; p<0,001; R <sup>2</sup> =0,26	-

Tabela 4. Média ( $\pm$  desvio padrão) da taxa de crescimento absoluto mensal em diâmetro (cm) e em altura (m) dos indivíduos de quatro espécies, nos estádios ontogenéticos plântula e juvenil e em florestas jovem e madura da caatinga. Letras diferentes na mesma linha denotam diferença significativa no diâmetro ou altura entre as florestas jovem e madura, para cada estágio e espécie, pela análise de Kruskal-Wallis, com teste de Student-Newman-Kleus *a posteriori*.

Espécies	Estádio	Diâmetro		Altura	
		Jovem	Madura	Jovem	Madura
<i>Croton blanchetianus</i>	Plântula	0.001 $\pm$ 0.028a	-0.003 $\pm$ 0.013a	0.237 $\pm$ 0.498a	-0.082 $\pm$ 0.751a
	Juvenil	0.014 $\pm$ 0.038a	0.003 $\pm$ 0.014a	-0.761 $\pm$ 3.618a	-0.179 $\pm$ 1.547a
<i>Poincianella pyramidalis</i>	Plântula	-0.017 $\pm$ 0.016b	0.012 $\pm$ 0.023a	0.314 $\pm$ 0.574a	0.189 $\pm$ 0.400a
	Juvenil	0.005 $\pm$ 0.030a	0.007 $\pm$ 0.025a	-0.165 $\pm$ 1.018a	-0.480 $\pm$ 4.407a
<i>Commiphora leptophloeos</i>	Plântula	-0.027 $\pm$ 0.026a	0.017 $\pm$ 0.018a	3.033 $\pm$ 0.406a	4.767 $\pm$ 0.336a
	Juvenil	0.003 $\pm$ 0.046a	0.022 $\pm$ 0.046a	-1.047 $\pm$ 7.345a	0.338 $\pm$ 2.450a
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Plântula	0.003 $\pm$ 0.009a	0.002 $\pm$ 0.010a	0.171 $\pm$ 0.437a	-0.017 $\pm$ 0.313b
	Juvenil	-0.005 $\pm$ 0.025b	0.017 $\pm$ 0.025a	0.036 $\pm$ 2.012a	-0.567 $\pm$ 1.743a

## Considerações finais

Os dados apresentados confirmaram para algumas espécies e em determinado estágio ontogenético, a existência de diferenças significativas da área foliar, do tamanho dos indivíduos e de suas taxas de crescimento entre florestas madura e jovem. Com a maioria das espécies, independente do estágio ontogenético, apresentando maiores valores de tais variáveis na floresta Jovem. Sugerindo, que para cada espécie e para cada estágio ontogenético existem especificidades distintas quanto à utilização dos recursos (luminosidade, temperatura, água e nutrientes) disponíveis no ambiente, os quais variam entre florestas madura e jovem.

Além disso, a hipótese de que os indivíduos das espécies estabelecidas na floresta madura apresentariam maiores tamanhos de área foliar, e conseqüentemente, maiores valores da taxa de crescimento (diâmetro e altura), foi confirmada apenas para a altura dos juvenis e para o diâmetro das plântulas de *Poincianella pyramidalis*.

No entanto, a relação do tamanho (diâmetro e altura) dos indivíduos com suas respectivas área foliar foi positiva para todas as espécies, principalmente no estágio ontogenético juvenil.

Sendo, portanto, observados comportamentos distintos em cada espécie e em cada estágio ontogenético entre as florestas madura e jovem. Sugerindo que, características comuns à população, desenvolvidas em função dos fatores ecológicos disponíveis em cada floresta, possam estar atuando sobre essa relação.

Assim, propõe-se a necessidade de estudos futuros que possam estar investigando outras possíveis características foliares, auxiliando a explicar as relações encontradas nesse estudo. Bem como, de estudo que investiguem essa relação em uma escala temporal maior, observando dessa forma se tais comportamentos das espécies repetem-se ao longo dos anos, ou se foi uma ocorrência exclusiva do período desse estudo.

Contribuindo, portanto, com a ampliação do conhecimento a cerca das relações das características foliares do indivíduo com seu tamanho (diâmetro e altura) e com sua respectiva taxa de crescimento (diâmetro e altura) em florestas tropicais secas. Além de, auxiliar no desenvolvimento de modelos e ações que possam estar contribuindo com a recuperação de florestas tropicais secas que foram alteradas.

## ANEXO I

### Normas de submissão da Journal FLORA

#### Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

#### Submit your article

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

#### Referees

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our Support site. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

#### PREPARATION

Use of word processing software It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. 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 Word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. 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>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Number pages and lines consecutively throughout the manuscript.

#### Article structure

##### Subdivision - numbered sections

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. Theory/calculation A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

### 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. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but IF essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

#### Graphical abstract

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

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

Illustration Service.

### Highlights

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

### Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using British 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.

### AUTHOR INFORMATION PACK

6 Dec 2014 [www.elsevier.com/locate/flora](http://www.elsevier.com/locate/flora) 8 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.).

### Database linking

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving their readers one-click access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research.

Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases. 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 (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color 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 that can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

#### Illustration services

Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/illustrationservices>) offers Illustration Services to authors preparing to submit a manuscript but concerned about the quality of the images accompanying their article. Elsevier's expert illustrators can produce scientific, technical and medical-style images, as well as a full range of charts, tables and graphs. Image 'polishing' is also available, where our illustrators take your image(s) and improve them to a professional standard. Please visit the website to find out more.

#### Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure, and add them at the very end of the manuscript file. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

#### Tables

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 and a copy of the title page of the relevant article must be submitted.

#### 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 style

Text: All citations in the text should refer to:

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

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

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown ....' List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples: Reference to a journal publication:

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

Reference to a book:

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

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

#### Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations:

<http://www.issn.org/services/online-services/access-to-the-Itwa/>.

#### 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>.

Data deposit and linking Elsevier encourages authors to deposit raw data sets underpinning their research publication in data repositories, and to enable interlinking of articles and data. Please visit <http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information on depositing and linking your data with a supported data repository.

The journal FLORA requires authors to deposit the data associated with accepted papers in a public archive. For gene sequence data and phylogenetic trees, deposition in GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>) or TreeBASE (<http://www.treebase.org>), respectively, is required. There are many possible archives that may suit a particular data set, including the Dryad repository for ecological and evolutionary biology data (<http://datadryad.org>). All accession numbers for GenBank, TreeBASE, and Dryad must be included in accepted manuscripts before they go to Production. Interactive Phylogenetic Trees

You can enrich your online articles by providing phylogenetic tree data files (optional) in Newick or NeXML format, which will be visualized using the interactive tree viewer embedded within the online article. Using the viewer it will be possible to zoom into certain tree areas, change the tree layout, search within the tree, and collapse/expand tree nodes and branches. Submitted tree files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. Each tree must be contained in an individual data file before being uploaded separately to the online submission system, via the 'phylogenetic tree data' submission category. Newick files must have the extension. New or .nwk (note that a semicolon is needed to end the tree). Please do not enclose comments in Newick files and also delete any artificial line breaks within the tree data because these will stop the tree from showing. For NeXML, the file extension should be .xml. Please do not enclose comments in the file. Tree data submitted with other file extensions will not be processed. Please make sure that you validate your Newick/NeXML files prior to submission. For more information please see <http://www.elsevier.com/phylogenetictrees>.

#### 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 9 (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. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

#### Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a personalized link providing 50 days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. This link can also be used for sharing via email and social networks. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop(<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/booklets>).

#### AUTHOR INQUIRIES

You can track your submitted article at <http://help.elsevier.com/app/answers/detail/aid/89/p/8045/>.

You can track your accepted article at <http://www.elsevier.com/trackarticle>.

You are also welcome to contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.