



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA-UEPB
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE-CCBS
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

GILBEVAN RAMOS DE ALMEIDA

**TRAÇOS FUNCIONAIS FOLIARES DE ESPÉCIES ARBUSTIVAS - ARBÓREAS EM
UM GRADIENTE DE ELEVAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**



**CAMPINA GRANDE-PB
2015**

GILBEVAN RAMOS DE ALMEIDA

**TRAÇOS FUNCIONAIS FOLIARES DE ESPÉCIES ARBUSTIVAS - ARBÓREAS EM
UM GRADIENTE DE ELEVAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Monografia apresentada ao Departamento de Biologia, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Estadual da Paraíba, na área de concentração de Ciências da Natureza, Ecologia Vegetal, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Sérgio de Faria Lopes

CAMPINA GRANDE-PB
2015

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

A447t Almeida, Gilbevan Ramos de.
Traços funcionais foliares de espécies arbustivas-arbóreas em um gradiente de elevação no semiárido brasileiro [manuscrito] / Gilbevan Ramos de Almeida. - 2015.
48 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2015.
"Orientação: Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes, Laboratório de Ecologia Vegetal".

1. Caatinga. 2. Botânica. 3. Traços foliares. 4. Área foliar específica. I. Título.

21. ed. CDD 582.16

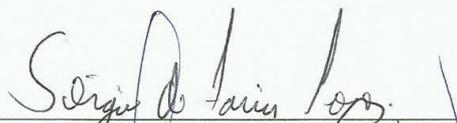
GILBEVAN RAMOS DE ALMEIDA

**TRAÇOS FUNCIONAIS FOLIARES DE ESPÉCIES ARBUSTIVAS - ARBÓREAS EM
UM GRADIENTE DE ELEVAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

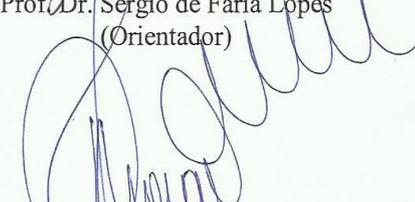
Monografia apresentada ao Departamento de Biologia, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Estadual da Paraíba, na área de concentração de Ciências da Natureza, Ecologia Vegetal, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 28/08/15.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes
(Orientador)



Prof. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão
(Examinadora)

Msc. Fernanda Kelly Gomes da Silva
(Examinadora)

**CAMPINA GRANDE-PB
2015**

“Talvez meio caminho andado seja a gente acreditar no que faz. Mas acima de tudo, o que mais nos incentiva, que mais valoriza e também mais nos torna conscientes de nossa responsabilidade, é saber que os outros crêem em nós. E não há palavras que descrevam o que sentimos ao saber dos sacrifícios a que eles se impõem por crerem não apenas em nós, mas também no que cremos”

Albert Einstein

Ao meu sobrinho e afilhado, Genival Roberto, que este mundo lhe traga muitas alegrias e que você esteja sempre ao lado do Senhor Jesus Cristo.

...Dedico

Aos meus pais Genival Almeida (In memoriam) e Marizete Almeida. Que sempre acreditaram em minhas iniciativas.

...Dedico

A Deus meu refúgio de todas as horas. A Ti toda hora e toda glória..

...ofereço

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais uma etapa de minha vida. Espero um dia retribuir todo o carinho e dedicação que recebi em todos os momentos... Muito obrigado a todos!

A Deus, por sua presença em todos os momentos de minha vida, por ter guiado meus passos e sempre colocado na minha jornada pessoas tão especiais.

Ao Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes, por ter acreditado em meu trabalho e pelos incentivos de seguir a carreira acadêmica. Por está sempre disposto a compartilhar seu conhecimento, pela paciência, pela amizade e acima de tudo pela confiança. És acima de tudo um grande exemplo para mim. Muito Obrigado!

Ao Prof. Dr. José Iranildo Miranda de Melo, pela disponibilidade, amizade e auxílio na identificação taxonômica. Admiro muito seu trabalho e competência.

Aos professores André Pessanha, Mônica Maria, Érica Caldas, pelo exemplo de profissional e ensinamentos. Admiro muito vocês.

A Climélia, por toda ajuda com as folhas e pelas conversas descontraídas e incentivos.

A toda a minha família, pelos sacrifícios e pelo amor incondicional. Ao meu pai Genival Almeida, que apesar de ter partido desta vida, foi e continua sendo um grande exemplo para mim. A minha mãe Marizete Almeida, que em meio de muitas lutas e barreiras, me proporcionou a oportunidade de estudar, sempre incentivando a continuar mesmo nos momentos difíceis. Aos meus queridos irmãos, Germano Almeida, Geano Almeida e Maria Geana Almeida, por compartilhar deste sonho e estarem sempre dispostos a ajudar. Amo muito todos vocês.

A minha namorada, **Magna Cely**, minha companheira de todas às horas, por seu amor simples e belo. Por alegrar meus dias pelo simples fato de sua companhia. TE AMO...

Agradeço de forma especial e carinhosa a família Lucena, ao Sr. José Cavalcanti de Lucena, pelos os momentos de incentivos e sabedoria (*In memoriam*). A Sr^a Maria Eliane Lucena, por todo carinho. Aos seus filhos, Reinaldo, Rodrigo, Rafaela e Rosália, pelas palavras de incentivos... Muito obrigado a todos!

Aos meus amigos e colegas de campo, Camila Santos, Maiara Ramos e Vitor Leite, que tornaram possível a realização deste trabalho, por compartilhar de momentos inesquecíveis, pela amizade, pelas brincadeiras e risadas. Por estarem sempre dispostos a ajudar dentro e fora do campo. Serei eternamente grato a todos vocês.

Aos colegas e amigos do LEVe pelas discussões teóricas e pelos momentos de descontração. Por toda ajudar nas coletas, escaneamento e pesagem das folhas que muitas vezes pareciam intermináveis. Vocês foram minha linha de produção. Sem ajudar de vocês este trabalho não seria possível. Muito obrigado a todos!

Aos meus queridos amigos de curso, Diena Deyse, Edson Soares, Elane Cristina, Jéssica Natyelle, Lysianne Rafaelly, Márcia Sanielly, Miscilene Vitória e Tércio José, pelo companheirismo ao longo desses cinco anos de curso, pelas boas conversas, pelas risadas, pelo o apoio e incentivos. Obrigado meus amigos.

A tantos amigos não mencionados aqui que me acompanharam e incentivaram para que eu pudesse chegar aqui.

Muito obrigado a todos vocês!

RESUMO

A busca para compreender os mecanismos que permitem que espécies vegetais ocupem diferentes ambientes tem atraído a atenção de estudos em todo mundo. Neste sentido, traços funcionais são cada vez mais usados para investigar respostas das plantas a diferentes gradientes ambientais. Dentre estes, os de elevação, correspondem excelentes modelos para estudar respostas de plantas a mudanças ambientais, pois são associados a variações de fatores abióticos e bióticos. Este estudo teve como objetivos: (1) analisar a variabilidade dos traços funcionais foliares em um gradiente elevação e (2) verificar a existência de grupos funcionais de espécies quanto aos traços foliares ao longo do gradiente de elevação. Foram mensurados quatro traços foliares que são comumente utilizados, espessura foliar (EF); área foliar (AF); área foliar específica (AFE) e conteúdo de matéria seca foliar (CMSF) em 36 espécies vegetais registradas ao longo de gradiente de elevação, com variação de 400-690 m, distribuídas em três níveis altitudinais com amplitude de 100 metros: Nível 1 (base) com elevação ≥ 400 m, Nível 2 (porção mediana) com elevação ≥ 500 m e Nível 3 (topo da serra) com elevação ≥ 600 m. Observou-se que três dos quatro traços analisados sofreram variação com a elevação, ou seja, EF e AF aumentaram com a elevação e AFE diminuiu com a elevação. Mas, não houve variação significativa para CMSF. Observou-se também a formação de três grupos funcionais nos diferentes níveis altitudinais: (1) altos valores de AF nos níveis altitudinais superiores (≥ 600 m); (2) altos valores de CMSF nos níveis intermediários (551-600) e (3) baixa EF e alta AFE nos níveis altitudinais inferiores (451-500 m). Os dois eixos da análise de correspondência canônica explicaram 64.87% da variância dos traços foliares das espécies entre os níveis de elevação. O eixo 1 foi associado com EF e AF, explicando 41.79% da variância total, enquanto o eixo 2 está relacionado com AFE e CMSF, explicando 23.08% da variância total. Os resultados obtidos suportam a hipótese de que o gradiente de elevação exerce influência nos traços foliares, demonstrando que apesar da baixa amplitude altitudinal, as serras do semiárido brasileiro levaram as espécies coexistentes adotar diferentes estratégias para suprir às mudanças nas condições ambientais decorrentes da elevação.

Palavras - chave: Serras do semiárido. Gradientes ambientais. Traços foliares. Área foliar específica (AFE).

ABSTRACT

The quest to understand the mechanisms that allow plant species occupy different environments has attracted the attention of studies worldwide. In this sense, functional traits are increasingly used to investigate plant responses to different environmental gradients. Among them, elevation correspond excellent models to study responses of plants to environmental changes because they are associated with variations of abiotic and biotic factors. This study aimed to: (1) analyze the variability of leaf functional traits in a gradient elevation and (2) to verify the existence of functional groups of species as the leaf traits along the elevation gradient. Four leaf traits were measured which are commonly used (leaf thickness (LT), leaf area (LA), specific leaf area (SLA) and leaf dry matter content (LDMC) on 36 plant species registered along elevation gradient, with range of 400-690 m, and are also distributed in three elevational levels: Level 1 (base) with high ≥ 400 m, Level 2 (median portion) with high ≥ 500 m Level 3 (top of the mountain) with high ≥ 600 m. Linear regressions showed that three of the four analyzed traits suffer variation with the elevation so, LT and LA increased with elevation and SLA decreased with elevation. But, there was no significant variation for LDMC. It also observed the formation of three functional groups in different altitudinal levels: (1) high values LA in the higher altitudinal levels (≥ 600 m); (2) high values LDMC at intermediate levels (551-600) and (3) low LT and high SLA the lower altitudinal levels (451-500 m). The two axes of the canonical correspondence analysis explained 64.87% of the variance of leaf traits of species between elevation levels. The axis 1 was associated with LT and LA, explaining 41.79% of the total variance, while axis 2 is related to SLA and LDMC, explaining 23.08% of the total variance. The results indicated a wide variation in leaf traits to the elevation gradient, demonstrating that despite the low altitudinal range, the mountains of the Brazilian semiarid led coexisting species adopt different strategies to meet the changing environmental conditions resulting from the increase.

Keywords: Mountains of semiarid. Environmental gradients. Leaf traits. Specific leaf area (SLA).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lista de espécies selecionadas e suas características básicas, em ordem alfabética por família na Serra de Bodocongó, município de Queimadas – PB. NI= número de indivíduos; AB= área basal; VC=valor de cobertura; VI=valor de importância; P = porte: AB = arbustivo, AV = arbóreo; TF = tipo foliar: S = simples, C = composta; FF = fenologia foliar: PR = perenifólia, DC = decídua de 2 a 3 meses, DL = decídua de 4 a 6 meses; DF = decídua facultativa; ES = estágio seral: PI = pioneira, SI = secundária inicial, ST = secundária tardia; SD= Síndrome de dispersão: anemo = anemocórica; zoo =zoocórica; auto = autocórica 31

Tabela 2. Médias dos traços funcionais foliares (EF, AF, AFE, CMSF) com seus respectivos desvios padrão entre parênteses das 36 espécies amostradas na Serra de Bodocongó, Queimadas - PB, distribuídas em três níveis altitudinais: nível 1 (≥ 400); nível 2 (≥ 500) e nível 3 (≥ 600) de acordo com o VC. NT: nível altitudinal; EF: espessura foliar (mm); AF: área foliar (mm^2); AF: área foliar específica ($\text{mm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$); CMSF: conteúdo de matéria seca foliar ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$). 35.

Tabela 3. Somatória da média do traço por espécie multiplicada pela contribuição da densidade relativa da espécie em cada nível altitudinal. NT: nível altitudinal; DR: densidade relativa; EF: espessura foliar (mm); AF: área foliar (mm^2); AFE: área foliar específica ($\text{mm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$); CMSF: Conteúdo de matéria seca foliar ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)... 37.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista panorâmica da área de estudo.....	26.
Figura 2. Vista panorâmica da Serra de Bodocongó, Queimadas – PB. 2a – Estrutura da vegetação no nível 1. 2b – Estrutura da vegetação no nível 2. 2c – Estrutura da vegetação nível 3.2 (d, e, f) – Matriz do entorno: d: áreas em processo de regeneração, e: áreas de utilização para o plantio e f: riacho de Bodocongó	28.
Figura 3. Regressões lineares entre elevação e os traços funcionais foliares. 3a - regressão linear entre EF e elevação. 3b – regressão linear entre AF e elevação e 3c – regressão linear entre AFE e elevação.....	36.
Figura 4. Diagrama de ordenação da Análise de correspondência canônica (CCA), baseada na abundância das espécies e os traços foliares (EF; AF; AFE e CMSF), na Serra de Bodocongó, Queimadas – PB, Brasil.....	38.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
1.1 Caracterização da vegetação Caatinga	12
1.2 Biodiversidade em gradientes altitudinais	14
1.3 Traços Funcionais de Plantas	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

TRAÇOS FUNCIONAIS FOLIARES DE ESPÉCIES ARBUSTIVAS - ARBÓREAS EM UM GRADIENTE DE ELEVAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

INTRODUÇÃO	24
MATERIAIS E MÉTODOS	26
Área de estudo	26
Florística e estrutura da vegetação.....	29
<i>Seleção de espécies e indivíduos</i>	29
Medição dos traços funcionais foliares	32
Análises dos dados	32
RESULTADOS	34
DISCUSSÕES	39
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Caracterização da vegetação Caatinga

A vegetação da Caatinga é caracterizada por apresentar grande variação fisionômica distribuída em mosaico, variando desde uma vegetação predominantemente herbácea a uma vegetação arbórea e que inclui um número considerável de espécies endêmicas (GIULIETTI *et al.*, 2004; AMORIM *et al.*, 2005; ALBUQUERQUE *et al.*, 2012).

Este ecossistema é o mais abrangente da região Nordeste, com uma área de quase 900.000 Km², o que corresponde 54% dessa região e 11% de todo território nacional brasileiro (ANDRADE *et al.*, 2005). Estende-se por parte dos estados da Bahia, Ceará, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Sergipe, Alagoas, Maranhão e Minas Gerais (AB' SÁBER, 2003), com limites ao leste com a Mata Atlântica, a oeste com a Floresta Amazônica e ao sul com o Cerrado (LEAL *et al.*, 2005).

A diversidade fisionômica e florística da vegetação da Caatinga é determinada em parte pelo clima, relevo e embasamento geológico, que em suas múltiplas interrelações, resultam em ambientes ecológicos bastante distintos (RODAL *et al.*, 2008; SANTANA & SOUTO, 2006). Além disso, a complexidade e diversidade desta região são ampliadas por se tratar da única ecorregião de floresta tropical seca do mundo cercada por florestas úmidas e semiúmidas (GUEDES *et al.*, 2012).

Devido a isto, e por ser uma área de transição com outros tipos vegetacionais lhe conferindo especificidades diversas, há um entendimento geral que a Caatinga no sentido vegetacional, seja mais ampla que um bioma (SAMPAIO, 2010) e classificá-la de tal forma pode restringe sua caracterização (COUTINHO, 2006). Para Coutinho (2006), a Caatinga nordestina *sensu lato* enquadra-se como um Zonobioma do tipo II, uma savana semiárida semelhante à savana do Cerrado, mas que difere por apresentar altas temperaturas, baixa pluviosidade e uma acentuada evapotranspiração.

Entretanto, a falta de critérios claros e amplamente aceitos não permitem um classificação definitiva e inequívoca das áreas de Caatinga (SAMPAIO, 2010), sendo ainda considerada por muitos autores como um bioma exclusivo do Brasil (CALIXTO JÚNIOR *et al.*, 2011; PEREIRA JÚNIOR *et al.*, 2012; MARANGON *et al.*, 2013).

Das diferentes formações vegetacionais da Caatinga, as florestas serranas, são as que possuem maior riqueza florística (RODAL *et al.*, 2008; RODAL & NASCIMENTO, 2002; SILVA *et al.*, 2014), apresentando uma fisionomia densa, com uma floresta aberta nas

escarpas médias e inferiores voltadas para direção do sotavento, e eventualmente uma vegetação rupícola em locais de afloramentos rochosos (RODAL *et al.*, 1998).

As serras do cariri paraibano em particular, constituem-se barreiras naturais a acessibilidade e abrigam, geralmente, uma vegetação mais conservada, diferentemente do que ocorre nas áreas de planícies, que são mais suscetíveis a pressões antrópicas (CARVALHO *et al.*, 2012). Sendo, portanto, extremamente importantes para a preservação desse ecossistema, pois representam refúgios naturais para a biota (SILVA *et al.*, 2014).

Naturalmente, as plantas da Caatinga não possuem características uniformes, mas cada espécie detém características intrínsecas que associadas aos fatores ambientais que as permeiam, as distribuem de modo que suas áreas de ocorrência tenham um grau de sobreposição razoável (SILVA *et al.*, 2004).

Em geral, as plantas da Caatinga exibem padrões fenológicos variados, abrangendo desde espécies totalmente caducifólias para espécies sempre verdes ou perenifólias (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012; BARBOSA *et al.*, 2003; LIMA & RODAL, 2010), com adaptações morfofisiológicas, em particular em níveis interespecíficos, para sobrevivência ao elevado estresse hídrico (SILVA *et al.*, 2004; TROVÃO *et al.*, 2007), tais como, a presença de folhas em sua maioria pequenas ou em alguns casos modificados em espinhos (LIMA *et al.*, 2012), área foliar reduzida e fechamento estomático (SANTOS & CARLESSO, 1998; TROVÃO *et al.*, 2007).

O conhecimento desses parâmetros morfofisiológicos possibilita o entendimento de como as espécies vegetais conseguem se estabelecer em áreas como a caatinga, a qual está condicionada a diversos fatores ambientais, exteriorizando fenótipos condicionados pelo seu patrimônio genético, permitindo-lhes a permanência e, portanto, a sua evolução nos diversos ambientes (TROVÃO *et al.*, 2007).

Atualmente, a Caatinga, como os demais ecossistemas brasileiros, encontra-se em acentuado processo de degradação, causado principalmente pelo desmatamento destinado a ocupação de áreas com atividades agrícolas e de pecuária (ARAÚJO *et al.*, 2010). O uso não planejado dos recursos oferecidos por este ecossistema tem proporcionado à fragmentação da sua cobertura vegetal, restringindo sua distribuição a remanescentes que podem ser considerados refúgios para a biodiversidade local (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Este tipo de exploração sem um menor planejamento poderá levar a Caatinga a um processo de degradação irreversível (SANTANA & SOUTO, 2006).

1.2 Biodiversidade em gradientes de elevação

A busca para compreender os mecanismos que permitem que espécies de plantas ocupem diferentes ambientes tem atraído a atenção de estudos em todo mundo. Na tentativa de um melhor entendimento, gradientes ambientais são usados como modelos para explicar quais fatores são capazes de exercer influência na estrutura da vegetação (HAWKINS *et al.*, 2003).

Dentre os gradientes ambientais, os de elevação fornecem um modelo útil para estudar respostas das plantas às alterações ambientais (KÖRNER, 2007; KICHENIN *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2014), pois estão associados a variações de fatores abióticos e bióticos, como temperatura (PENDRY & PROCTOR, 1997), precipitação, umidade, ação dos ventos, luminosidade, topografia e características físico-químicas do solo que variam e agem em conjunto sobre a estrutura e composição da vegetação (LIEBERMAN *et al.* 1985; URBANETZ *et al.*, 2012; KICHENIN *et al.*, 2013). A análise destes parâmetros é fundamental para averiguar as respostas de espécies vegetais a mudanças ambientais (KICHENIN *et al.*, 2013).

Com exceção da redução da área, fenômeno relacionado com a altitude numa escala global (KÖRNER, 2007), as variações nas condições ambientais decorrentes à elevação refletem o efeito combinado das peculiaridades locais ou regionais e os fenômenos gerais de altitude (KÖRNER, 2007). Devido a isto, ao se comparar diversos estudos referentes a estes gradientes existem convergências e divergências em relação os seus dados, tornando inviável a descrição de padrões ecológicos gerais (ALBERT *et al.*, 2010).

No entanto, a elevação e os fatores ambientais associados, levam as espécies ao seu alcance máximo de adaptabilidade (SHARMA *et al.*, 2009), e suas respostas a estes não são uniformes. De um modo geral, as principais mudanças na vegetação envolvendo estes gradientes são: a substituição de espécies (MEIRELES *et al.*, 2008), a diminuição da estatura de indivíduos com o aumento da altitude (RODAL *et al.* 1998), variações na área basal e na densidade de indivíduos (OLIVEIRA-FILHO *et al.* 1994) e variações na riqueza e diversidade de espécies (LIEBERMAN *et al.* 1985; MEIRELES *et al.* 2008; SILVA *et al.*, 2014). Além disso, variabilidade nos caracteres foliares tem sido documentada em estudos recentes, tanto em níveis interespecíficos (KICHENIN *et al.*, 2013; SUNDQVST, GIESLER E WARDLE, 2011; SWENSON *et al.*, 2011; PESCADOR *et al.*, 2015) quanto em níveis intraespecíficos (ALBERT *et al.*, 2010; SCHEEPENS *et al.*, 2010; KRAFT *et al.*, 2015).

Para Benicasa *et al.* (1983), a diversidade de microclimas diferenciados em um gradiente topográfico, variando com o tipo de solo, umidade, formação geológica e altitude, é respondida pelos vegetais com variações nos seus caracteres foliares, na tentativa de uma melhor eficiência para consumir os recursos disponíveis.

No Brasil, alguns estudos têm sido realizados para investigar a influência da elevação sobre a composição, riqueza e distribuição de espécies de plantas. Estudos realizados por Thomas *et al.* (2009), em um componente arbóreo de uma área transicional de floresta atlântica no sul da Bahia, comprovaram que a variação altitudinal juntamente com condições microclimáticas diferenciados ao longo deste gradiente evidenciaram alterações consideráveis na composição florística, pois foi observado uma transição de uma floresta estacional semidecidual nas cotas baixas para uma floresta mais úmida no topo da serra estudada. Além disso, podemos citar outros exemplos que comprovam tal fato, como são verificados nas florestas de Conquista (GOUVEIA *et al.*, 1976), Serra da Jibóia (SOBRINHO & QUEIROZ, 2005) e nos brejos de altitude no domínio da Caatinga (RODAL & NASCIMENTO, 2002).

Em geral, as áreas montanhosas podem ser centros de diversidade biológica e endemismo, em detrimento a heterogeneidade de habitats e dificuldade de acesso antrópica (KÖRNER, 2004). Sendo assim, constitui um aspecto essencial para áreas de conservação (FISCHER *et al.*, 2011), em especial, em regiões com semiárido brasileiro sujeitas a intensa ação do homem (LEAL *et al.*, 2005; ARAÚJO *et al.*, 2010).

Contudo, apesar de haver estudos comprobatórios sobre os efeitos que os gradientes de elevação exercem sobre comunidades vegetais, este tipo de abordagem ainda é pouca explorada, devido à dificuldade de acesso (SILVA *et al.*, 2014), sendo, portanto, uma área promissora para estudos.

1.3 Traços Funcionais de Plantas

A ecologia funcional de plantas parte do pressuposto que a distribuição dos organismos não é aleatória, e, portanto, existe um vínculo entre as diferenças funcionais das plantas e sua distribuição em diferentes habitats (DUARTE, 2007). Sua abordagem está baseada na teoria de diferenciação de nichos (MacARTHUR, 1969), a qual considera as espécies como entidades heterogêneas, que respondem diferentemente às condições ambientais. Esta teoria baseia-se na diferenciação das espécies, independentemente de

classificação taxonômica, mas de acordo com a variabilidade dos traços funcionais de cada espécie (VIOLLE *et al.*, 2009), a partir de filtros ambientais (VIOLLE *et al.*, 2007).

Desse modo, um traço funcional é qualquer característica morfológica, fisiológica ou fenológica mensurável em nível de indivíduo (VIOLLE *et al.*, 2007), com influência significativa no estabelecimento, sobrevivência ou *fitness* de uma espécie em seu ambiente natural (REICH *et al.*, 2003). Estes efeitos representam, portanto, as respostas dos organismos aos fatores ambientais, ou seja, soluções para diferentes problemas de aquisição e uso de recursos em um determinado ambiente (PÉREZ-HARQUINDEGUY *et al.*, 2013).

Estudos envolvendo traços funcionais em plantas vêm sendo cada vez mais utilizados devido sua capacidade de avaliar e prever respostas nas propriedades dos ecossistemas e processos ecológicos frente à heterogeneidade ambiental (KICHENIN *et al.*, 2013; SWENSON *et al.*, 2011). No entanto, percebe-se um foco generalizado nesses estudos na variação interespecífica por apresentarem menor resistência às mudanças ambientais, em relação à variação intraespecífica (KICHENIN *et al.*, 2013).

Apesar disso, pesquisas recentes têm mostrado a importância de considerar a variação intraespecífica dos traços das espécies para a coexistência na comunidade (ALBERT *et al.*, 2010; JUNG *et al.*, 2010; RICHARDSON *et al.*, 2013), uma vez que as interações bióticas e abióticas e, em uma última análise, a seleção natural ocorrem em nível de indivíduo (VIOLLE *et al.*, 2012). Ademais, a variação intraespecífica pode influenciar a amplitude da distribuição espacial de uma espécie (LAVOREL *et al.*, 2007), como por exemplo, espécies com grande variação intraespecífica, e por consequência maior adaptabilidade, pode ocupar uma maior variedade de ambientes. Em contrapartida, uma espécie com baixa variação intraespecífica fica restrita a poucos ambientes ou apresenta preferência a um tipo de habitat específico (VENDRAMI, 2014).

Os traços funcionais mais utilizados em ecologia vegetal são aqueles relacionados à arquitetura de copa (densidade de madeira, área e volume de copa) (LIMA & RODAL, 2010); reprodutivos (fenologia da floração e frutificação, polinização e dispersão) (LIMA & RODAL, 2010; PRADO-JÚNIOR, *et al.*, 2014) e os traços foliares (área foliar, área foliar específica e conteúdo de matéria seca foliar) (REICH *et al.*, 2003; SWENSON *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2015).

Dentre estes, os traços funcionais foliares correspondem importantes ferramentas para prever e/ou explicar a estrutura das comunidades e suas respostas às condições ambientais (REICH *et al.*, 2003; WESTOBY *et al.*, 2002), já que a folha, por possuir todo o aparato

fotossintético da planta, é o órgão que mais responde de forma plástica à variabilidade de condições ambientais (MONTEIRO *et al.*, 2005).

Desse modo, os traços foliares mais comumente utilizados e que estão envolvidos em processos de diferenciação de nicho e filtragem de habitat são: espessura foliar (EF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e conteúdo de matéria seca foliar (CMSF) (KRAFT *et al.*, 2015; PESCADOR *et al.*, 2015). Respostas nestes traços são variáveis nos diversos níveis biológicos, sendo esperadas, diferentes adaptações em níveis intra e interespecíficos.

A EF está relacionada ao potencial hídrico e assimilação de carbono das plantas e muitas vezes correlacionada com AFE e CMSF (CORNELISSEN *et al.*, 2003; PESCADOR *et al.*, 2015). Folhas mais espessas são mais resistentes a herbivoria e a dessecação, portanto, devem ser vantajosas em ambientes onde os recursos são limitantes (VENDRANI, 2014), além disso, são essenciais na proteção contra a radiação UV-B (TURUNEN *et al.*, 2005; PESCADOR *et al.*, 2015).

A AF, por sua vez, está relacionada ao equilíbrio hídrico, captação de luz e trocas gasosas das plantas (CORNELISSEN *et al.*, 2003). Aumento nos valores de AF implicam uma maior exposição à luz e com maior perda de água por evaporação e maior custo energético e nutricional (LAMBERS *et al.*, 2008), além de maior susceptibilidade a herbivoria (WESTOBY *et al.*, 2002). Dessa forma, prejudiciais onde os recursos são limitantes.

O CMSF e AFE estão relacionados com o espectro de economia da folha (PESCADOR *et al.*, 2015). AFE está associada com o crescimento ou potencial relativo de taxas fotossintéticas, enquanto CMSF está associado com a dureza e a resistência aos riscos físicos (PÉREZ-HARQUINDEGUY *et al.*, 2013). Estes dois traços podem ser inversamente proporcionais quando acompanhadas de baixa AF (CORNELISSEN *et al.*, 2003). Além disso, AFE e CMSF são fortes marcadores de estratégias de utilização de recursos pela planta, sendo esperados padrões de diferenciação de nicho impulsionados pela partilha de recursos entre as espécies (JUNG *et al.*, 2010).

No caso específico da AFE, esta se relaciona com a estratégia de alocação de luz e é visto como um importante indicador de adaptação ambiental (GARNIER *et al.*, 2001), tendo destaque a bastante tempo em estudos ecológicos (GRUBB, 2002). Análises recentes vêm demonstrando uma relação entre AFE e comunidades perturbadas (CHAZDON *et al.*, 2007; REICH *et al.*, 2003; WRIGHT *et al.*, 2004). Isto devido que espécies presentes em comunidade perturbada, onde os recursos são escassos, necessitam de traços foliares com maior poder aquisitivo de nutrientes para proporcionar crescimento rápido (CHAZDON *et al.*, 2007).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Cultural, 2003.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAUJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Revista Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005.

ALBERT, C.H.; THUILLER, W.; YOCCOZ, N.G.; SOUDANT, A.; BOUCHER, F.; SACCONI, P.; LAVOREL, S. Intraspecific functional variability: extent, structure and sources of variation. **Functional Ecology**, v.98, p. 604-613, 2010.

ALBUQUERQUE, U.P.; ARAUJO, E. L.; EL-DEIR, A.C.A.; LIMA, A.L.A.; SOUTO, A.; BEZERRA, B.M.; FERRAZ, E. M.N.; FREIRE, E.M.X.; SAMPAIO, E.V.S.B.; LASCASAS, F.M.G.; MOURA, G.J.B.; PEREIRA, G. A.; MELO, J.G.de.; RAMOS, M.A.; RODAL, M.J.N.; SCHIEL, N.; LYRA-NEVES, R. M.; ALVES, R.R.N AZEVEDO-JÚNIOR, S.M.; TELINO JÚNIOR, W.R.; SEVERI, W. Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. **The Scientific World Journal**, 2012.

ANDRADE, L. A.; PEREIRA, I. M.; LEITE, U. T.; BARBOSA, M. R. V. Análise da cobertura de duas fisionomias de caatinga com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. **Cerne**, Lavras v. 11, n. 3, p. 253 - 262, 2005.

ARAÚJO, J. L. O.; QUIRINO, Z. G. M.; GADELHA NETO, P.C.; ARAÚJO, A.C. Síndromes de polinização ocorrentes em uma área de Mata Atlântica, Paraíba, Brasil. **Revista Biotemas**, 22 (4), 2009

BARBOSA, D. C. A.; BARBOSA, M. C.A.; LIMA, L. C. M. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Ed). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p. 657-695, 2003.

BENINCASA, M., LOPES, R., BENINCASA, G.M.P. & OLIVEIRA, A.S. Algumas influências da topografia sobre o microclima e comportamento de *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Ciência e Cultura** 35:495-501, 1983.

CALIXTO JÚNIOR, J. T.; DRUMOND, M. A.; ALVES JÚNIOR, F. T. Estrutura fitossociológica de um fragmento de caatinga sensu stricto 30 anos após corte raso, Petrolina, PE, Brasil. **Caatinga**, Mossoró. v. 24, n. 2, p. 67 - 74, 2011.

CARVALHO, E. C. D.; SOUZA, B. C.; TROVÃO, D. M. B. M. Ecological succession in two remnants of the Caatinga in the semi-arid tropics of Brazil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 10, n. 1, p. 13-19, 2012.

CORNELISSEN, J. H. C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S. M.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P. B.; TER STEEGE, H.; MORGAN, H. D.; PAUSAS, J. G. e 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.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta bot. bras.** 20(1): 13-23. 2006.

CHAZDON, R. L.; LETCHER, M.V.; BREUGEL, M.V.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F.; FINEGAN, B. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forest following major disturbances. **Philosophical Transaction o the Royal Society B** 362:273-289, 2007.

DUARTE C.M. 2007. **Methods in comparative Functional Ecology**. In: Pugnaire, F.I. and Valadares, F. (eds). *Functional plant ecology*, 2^a ed. CRC Press pp. 1-6.

FISCHER, A.; BLASCHKE, M.; BÄSSLER, C. Altitudinal gradients in biodiversity reearch: the state of the art and future perspectives under climate change aspects. **Waqlökologie, Landschaftsforschung and Naturschutz Heft**. 11, P. 35-47, 2011.

GARNIER, E.; SHIPLEY, B.; ROUMET, C.; LAURENT, G. A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. **Functional Ecology**, v.15, p. 688-695, 2001.

GUEDES, R. S.; ZANELLA, F. C. V.; COSTA-JUNIOR, J. E. V.; SANTANA, G. M.; SILVA, J. A. Caracterização florístico-fitosociológica do componente lenhoso de um trecho de caatinga no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 99-108, mar.-jun., 2012.

GIULIETTI, A.M., *et al.* 2004. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: J.M.C. Silva, M. Tabarelli, M.T. Fonseca & L.V. Lins (orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. pp. 48-90. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

GRUBB, J. P. Leaf form and function – towards a radical new approach. **New Phytologist**, 2002.

GOUVÊA, J.B.S., MATTOS SILVA, L.A. & HORI, M. 1976. **Fitogeografia**. In Diagnóstico socioeconômico da região cacauera. Recursos florestais. Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira and the Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas-OEA. Ilhéus. v.7, p.1-7.

HAWKINS, B.A., FIELD, R., CORNELL, H.V., CURRIE, D.J., GUEGAN, J.F., KAUFMAN, D.M. & J.T. KERR. Energy, water, and broadscale geographic patterns of species richness. **Ecology** 84: 3105-3117, 2003.

JUNG, V.; VIOLLE, C.; MONDY, C.; HOFFMANN, L.; MULLER, S. Intraspecific variability and trait-based community assembly. **Journal Ecology**, v.98, p.1134-1140, 2010.

KICHENIN, E., WARDLE, D.A., PELTZER, D.A., MORSE, C.W., FRESCHET, G.T. Contrasting effects of plant inter-and intraspecific variation on community-level trait measures along an environmental gradient. **Functional Ecology**, v.27, p. 1254–1261, 2013.

KÖRNER, C. The use of ‘altitude’ in ecological research. **Trends Ecol. Evol.**, v.22, p.569-574, 2007.

KORNER, C. Mountain biodiversity, its causes and function. **Ambio**, 11e17. Special Rep. 13, 2004.

KRAFT, J.B.; GODOY, O.; LEVINE, J.M. Plant functional traits and the multidimensional nature of species coexistence. **PNAS**, 2015.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F.; PONS, T.L. **Plant physiological Ecology**. 2 ed. 605p, 2008.

LAVOREL, S.; DIAZ, S.; CORNELISSEN, J.H.C.; GARNIER, E. HARRISON, S.P.; MCINTYRE, S.; PAUSAS, J. PEREZ-HARGUINDEDUI, N; ROUMET, C.; URCELAY, C. Plant functional types: Are We Getting Any Closer to the Holy Gray? In: CANADELL, J. G.; PATAKI, D. PITELKA, L. (Eds). *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*. The IGBP Series, **Springer-** Verlag, Berlin Heidelberg, cap 13, PP. 149-164.

LEAL, I. R.; SILVA, J.M.; TABERELLI, M.; LACHER JÚNIOR, T. E. Mudando o curso da biodiversidade na Caatinga no Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n.1, 2005.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M.; HARTSHON, G.; PERALTA, R. Growth Rates and Age-Size Relationships of Tropical Wet Forest Trees in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, 1:97-109, 1985.

LIMA, A. L. A. & RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, 74 p.1363-1373, 2010.

LIMA, A. L. A., SAMPAIO, E. V. D. S. B., DE CASTRO, C. C., RODAL, M. J. N., ANTONINO, A. C. D., & DE 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**, 26(5), 1605-1616, 2012.

MacARTHUR R.H. Patterns of communities in the tropics. **Biological Journal of the Linnean Society** 1: 19–30, 1969.

MARANGON, G. P.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, J.A.A.; LIRA, D.F. S.; SILVA, E. A.; LOUREIRO, G. H. Estrutura e padrão espacial da vegetação em uma área de Caatinga. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 83 - 92, jan./mar. 2013.

MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G. J. KINOSHITA, L. S. **Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma floresta ombrófila densa alto-montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG**. Revista Brasil. Botânica, vol. 31, n° 04, out/dez, 2008. P. 559-574.

OLIVEIRA, P. T. B.; TROVÃO, D. M. B. M; CARVALHO, E. C. D.; SOUZA, B.C de.; FERREIR, L. M. R. Florística e Fitossociologia de quatro remanescentes vegetacionais em áreas de serra no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.4, p.169-178, 2009.

PESCADOR, D. S.; BELLO, F.; VALLADARES, F.; ESCUDERO, A. Plant Trait Variation along an Altitudinal Gradient in Mediterranean High Mountain Grasslands: Controlling the Species Turnover Effect. **PLOS ONE**, p. 1-16, 2015.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 61, n. 3, p. 167-234, 2013.

PENDRY, C.A. & PROCTOR, J. 1997. Altitudinal zonation of rain forest on Bukit Belalong, Brunei: soils, forest structure and floristic. **Journal of Tropical Ecology**, 13:221-241

PEREIRA JÚNIOR, L. R.; ANDRADE, A. P. ARAÚJO, K. D. Composição florística e fitossociológica de um fragmento de Caatinga em Monteiro, PB. **HOLOS**, Ano 28, Vol 6, 2012.

PRADO-JÚNIOR, J. A.; VALE, V.S.; LOPES, S. F.; ARANTES, C. S.; OLIVEIRA, A.P.; SCHIAVINI, I. Impacts of disturbance intensity in functional traits patterns in understories of seasonal forests. **Biosci. J.**, Uberlandia, v. 30 , p. 901-911, 2014.

REICH, P. B.; WRIGHT, I. J.; CAVENDER-BARES, J.; CRAINE, J. M.; OLEKSYN, J.; WESTOBY, M. e WALTERS M. B. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **International Journal of Plant Sciences**, v. 164, p. 143-164, 2003.

REICH, P.B.; WRIGHT, I.J.; CARVENDER-BARES, J.; CRAINE, J.M.; OLEKSYN, J.; WESTOBY, M. and WALTERS, M.B. The evolution of plant functional variation: traits, spectra and strategies. **International Journal of plant Science**, 164(S3):S143-S164, 2003.

RICHARDSON, S. J.; ALLEN, R. B.; BUXTON, R. P.; EASDALE, T. A.; HURST, J. M.; MORSE, C. W.; SMISSEN, R. D.; PELTZER, D. A. Intraspecific relationships among wood density, leaf structural traits and environment in four co-occurring species of *Nothofagus* in New Zealand. **PLOS ONE**, v.8, p.1-13, 2013.

RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C. C.; SILVA, A. C. B. L. Estrutura da vegetação caducifólia espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 209-217, 2008.

RODAL, M. J. N. & NASCIMENTO, L. M. Levantamento florístico da floresta serrana da Reserva Biológica de Serra Negra, microrregião de Itaparica, Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** v.16, p. 481-500, 2002.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do bioma caatinga. In: GARIGLIO, M. A., SAMPAIO, E. V. S. B., CESTARO, L. A., KAGEYAMA, P. Y. (Eds.). **Uso sustentável e Conservação dos recursos florestais da caatinga**. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, p. 27- 48, 2010.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na estação ecológica do Seridó - RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 232-242, 2006.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit Hídrico e os Processos Morfológicos e Fisiológicos das Plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SCHEEPENS, J.; FREI, E. & STOCKLIN, J. Genotypic and environmental variation in specific leaf area in a widespread Alpine plant after transplantation to different altitudes. **Oecologia**, v.164, p.141–150, 2010.

SHARMA, C. M.; SUYAL, S. GAIROLA, S. GHILDIYAL, S. K. Species richness and diversity along an altitudinal gradient in moist temperate Forest of Garhwal Himalaya. **Journal of American Science**, P.119-128, 2009.

SILVA, J. M. C. da, TABARELLI, M., FONSECA, M. T. da e LINS, L. V.. **Biodiversidade da caatinga: Ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministerio do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004

SILVA, F. K. S.; LOPES, S. F.; LOPEZ, L. C. S.; MELO, J. I. M.; TROVÃO, D. M. B. M. Patterns of species richness and conservation in the Caatinga along elevational gradients in a semiarid ecosystem. **Journal of Arid Environments**, v.110, p.47-52, 2014.

SOBRINHO, J.G.C. & QUEIROZ, L.P. 2005. Composição florística de um fragmento de Mata Atlântica na Serrada Jibóia, Santa Terezinha, Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas** 5:20-28.

SOUZA, B.C.; OLIVEIRA, S.R.; ARAÚJO, F.S.; LIMA, A.L.A.; RODAL, M.J.N. Divergências funcionais e estratégias de resistência à seca entre espécies decíduas e sempre verdes tropicais. **Rodriguésia**, 66(1): 021-032, 2015.

SUNDQVIST, M. K.; GIESLER, R. & WARDLE, D. A. Within and across-species responses of plant traits and litter decomposition to elevation across contrasting vegetation types in subarctic tundra. **PLOS ONE**, v.6, 2011.

SWENSON, N.G.; ANGLADA-CORDERO, P.; BARONE, J. A. Deterministic tropical tree community turnover: evidence from patterns of functional beta diversity along an elevational gradient. **Proc. R. Soc. B**, 2010.

THOMAS, W.W.; JARDIM, J. G.; FIASHI, P.; MARIANO NETO, E.; AMORIM, A.M. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de uma área transicional de Floresta Atlântica no sul da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira Botânica**, V.32, n.1, p.65-78, jan.-mar. 2009.

TROVÃO, D. M. B. M. et al. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 307–311, 2007.

TURUNEN, M.; LATOLA, K.. UV-B radiation and acclimation in timberline plants. **Environ Pollut**. 2005.

URBANETZ, C.; LEHN, C.R.; SALIS, S.M.; BUENO, M.L & ALVES, F.M. Composição e distribuição de espécies arbóreas em gradiente altitudinal, Morraria do Urucum, Brasil. **Oecologia Australis** 16(4): 859-877,2012.

VEMDRAM, J. L. Diversidade funcional em floresta de restinga. **Dissertação de Mestrado** (Ecologia de Ecossistemas terrestres e aquáticos), Universidade de São Paulo, 2014.

VIOLLE, C.; NAVAS, M.L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.;

**TRAÇOS FUNCIONAIS FOLIARES DE ESPÉCIES ARBUSTIVAS - ARBÓREAS EM
UM GRADIENTE DE ELEVAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

INTRODUÇÃO

Compreender os processos de montagem e estruturação de comunidades vegetais é um problema central na ecologia, com implicações diretas para conservação e gestão de ecossistemas. Nesse sentido, mudanças nos traços funcionais de plantas através de gradientes ambientais podem refletir processos deterministas na organização de comunidades (PESCADOR *et al.*, 2015).

Os traços funcionais são variáveis intra e interespecíficos (HULSHOF & SWENSON, 2010). Contudo, percebe-se um foco generalizado de pesquisas em níveis interespecíficos, por sua maior capacidade de resposta (REICH *et al.*, 1999; GARNIER *et al.*, 2001a). Em estudos recentes foi observado que a variação intraespecífica, nos traços funcionais, em resposta a condições ambientais desempenha um papel fundamental na coexistência de espécies e estrutura de comunidades (ALBERT *et al.*, 2010; JUNG *et al.*, 2010; RICHARDSON *et al.*, 2013), sendo um importante parâmetro a ser avaliado.

Dentre os gradientes ambientais, os de elevação são interessantes para estudar as respostas de plantas as mudanças ambientais (KÖRNER, 2007), pois estão associados a variações de fatores abióticos e bióticos, refletindo na variabilidade nos traços funcionais em diversos níveis biológicos (PESCADOR *et al.*, 2015). Alterações nos traços foliares com o aumento da elevação têm sido documentadas, por exemplo, a diminuição da área foliar específica (AFE), em níveis intraespecíficos (SCHEEPENS *et al.*, 2010), o aumento da espessura foliar (PESCADOR *et al.*, 2015) e a diminuição da área foliar (KICHENIN *et al.*, 2013).

Entretanto, as variações nas condições ambientais com a altitude refletem o efeito combinado das peculiaridades locais ou regionais e os fenômenos gerais de altitude (KÖRNER, 2007). Ao contrário de outros ecossistemas de montanha onde a disponibilidade hídrica não é um fator limitante para as plantas, as áreas serranas do semárido brasileiro possuem dois grandes fatores operando em favor do gradiente de elevação. O primeiro é o estresse hídrico que reduz com a altitude (SAMPAIO, 2010) e o segundo é a diminuição da antropização, criando ambientes mais preservados e com maior de riqueza em altitudes elevadas (SILVA *et al.*, 2014b), levando as espécies vegetais a desenvolverem estratégias distintas ao longo do gradiente de elevação para consumir recursos limitantes compartilhados.

Neste estudo, avaliou-se traços funcionais foliares comuns, incluindo espessura foliar (EF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e conteúdo de matéria seca foliar (CMSF), os quais refletem estratégias importantes das plantas frente às mudanças

ambientais (REICH *et al.*, 1999; WRIGHT *et al.*, 2005). Assim, os objetivos do trabalho foram: (1) analisar a variabilidade dos traços funcionais foliares ao longo de um gradiente de elevação no semiárido brasileiro; (2) verificar a existência de grupos funcionais foliares de espécies quanto aos traços foliares ao longo do gradiente, a partir das seguintes hipóteses: (1) a mudança de fatores abióticos e bióticos em consequência do gradiente de elevação proporciona espécies a adotarem diferentes estratégias para alocação de recursos, sendo, portanto refletido na variabilidade dos traços foliares e (2) as necessidades individuais de recursos das espécies em uma mesma comunidade pode levar diferentes respostas a uma mesma mudança ambiental (KICHENIN *et al.*, 2013), sendo assim, as espécies coexistentes tende a se agrupar quanto aos traços foliares de acordo com fatores ambientais específicos de cada nível de elevação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em um gradiente de elevação, com variação de 400-690 m.a.n.m., localizado na Serra de Bodocongó, município de Queimadas ($7^{\circ}27' 12.1''\text{S}$ e $35^{\circ}59'33.8''\text{O}$), situado na micro-região do Cariri Paraibano, semiárido brasileiro (**Figura 1**).

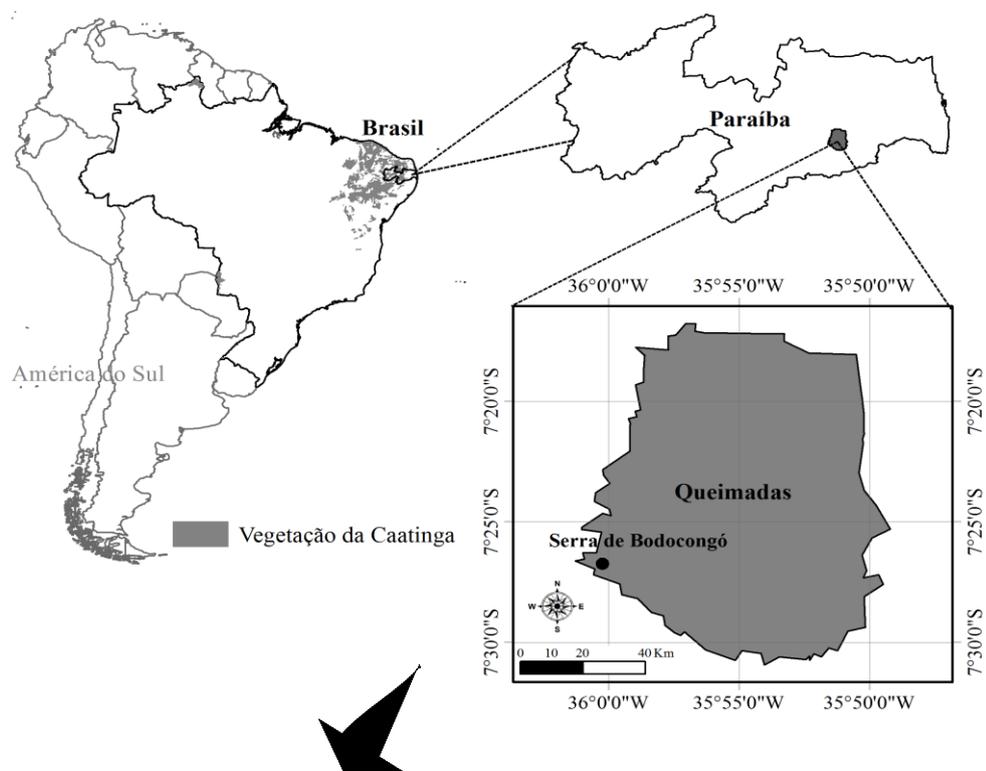


Figura 1 – Vista panorâmica da área de estudo.

A microrregião do Cariri Paraibano é considerada a mais seca do Brasil (SILVA *et al.*, 2014b). O clima da região do estudo é do tipo As', caracterizado como tropical quente (ALVARES *et al.*, 2013), marcado com chuvas de verão e índices pluviométricos baixos (média anual de 500 mm), o que provoca fortes déficits hídricos (PEREIRA, 2008). A temperatura média anual varia em torno de 26 °C (ALVES *et al.*, 2014). Os solos predominantes na região são classificados como Luvisolos, Neossolos e Vertissolos (EMBRAPA, 2006).

A área estudada apresenta sinais evidentes de impactos localizados, como a exploração seletiva de madeira, além de trilhas provocadas pela entrada de animais domésticos, na sua maior parte por caprinos (**Figura 2**). A intensidade desses impactos varia de acordo com altitude, ou seja, em altitudes mais baixas, onde o acesso do homem e dos animais domésticos é facilitado, nota-se uma maior perturbação antrópica (**Figura 2a**). Nestas altitudes, a comunidade vegetal é formada em sua maioria, por indivíduos de pequeno porte, sendo comum encontrar grande número de clareiras antrópicas. Nas altitudes intermediárias há uma diminuição dos indícios de perturbações antrópicas, demonstrado sinais nítidos de uma vegetação mais conservada (Caatinga arbustiva - arbórea fechada ou Caatinga arbórea fechada), sendo comum encontrar no seu interior indivíduos com mais de 10 metros de altura (**Figura 2b**). Em altitudes mais altas se aproximando do topo da serra, onde há dificuldade de acesso, observa-se uma diminuição significativa e/ou desaparecimento destes impactos, havendo uma vegetação mais preservada, com maiores valores de área basal, como também espécies exclusivas dessas altitudes (**Figura 2c**). A matriz do entorno é formada por áreas de pastagens, áreas abandonadas em processo de regeneração natural e áreas destinadas para agricultura de diversas culturas, a exemplo, milho, feijão e palma forrageira (**Figura 2 d, e, f**).

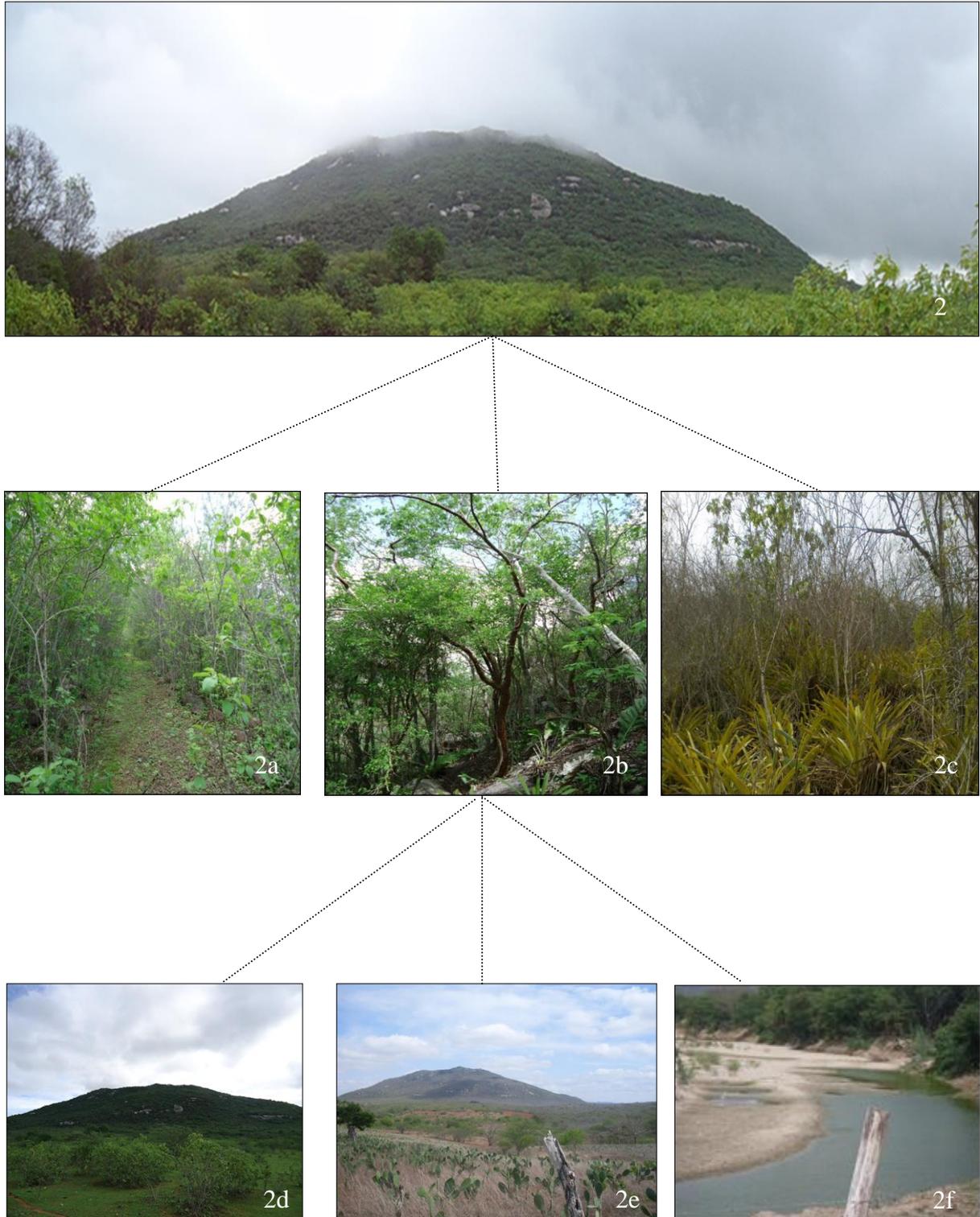


Figura 2- Vista panorâmica da serra de Bodocongó, Queimadas – PB. **2a** - Estrutura da vegetação no Nível 1. **2b** – Estrutura da vegetação Nível 2 e **2c** - Estrutura da vegetação Nível 3. **2 (d, e, f)**- Matriz do entorno: **d**: áreas em processo de regeneração, **e**: áreas de utilização para plantio e **f**: riacho de Bodocongó.

Florística e estrutura da vegetação

A amostragem florística e estrutural da vegetação foi realizada pelo método de parcelas proposto por Braun-Blanquet (MARTINS, 1989). Com base em estudos anteriores realizados em áreas serranas no semiárido brasileiro (CARVALHO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2014b), o gradiente de elevação foi dividido em três níveis de altitude: Nível 1 (base) com elevação ≥ 400 m, Nível 2 (porção mediana) com elevação ≥ 500 m e Nível 3 (topo da serra) com elevação ≥ 600 m. Foram instaladas 45 parcelas aleatórias (50 m x 4 m), totalizando 0.9 ha, onde para cada nível foram implantadas 15 parcelas nas quais se registrou todos os indivíduos arbustivo-arbóreos vivos e com diâmetro do caule ao nível do solo (DNS) ≥ 3 cm e altura ≥ 1 m, por caracterizarem plantas em estágio adulto para a vegetação da Caatinga (AMORIM *et al.*, 2005; RODAL *et al.*, 2013). Nos casos de indivíduos que apresentavam caules múltiplos o DNS foi medido individualmente. Para as medidas de DNS, utilizou-se de paquímetros e fita métrica com leitura direta para diâmetro e perímetro, respectivamente. A altura dos indivíduos foi estimada com auxílio de uma vara graduada de 12 metros, subdividida a cada dois metros e acima desta, por estimativa visual. Para espécies não identificadas foram realizadas consultas a literatura pertinente e/ou encaminhadas a especialistas para confirmação e identificação da mesma. Todos os nomes científicos foram atualizados de acordo com bases de dados especializadas da Lista de Espécies da Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>). O sistema de classificação APG III foi adotado para as famílias de plantas (APG, 2009).

Seleção de espécies e indivíduos

A partir dos dados de estrutura da vegetação, calculou-se o IVC (Índice de Valor de Cobertura), o qual é obtido pela soma dos valores relativos de densidade e área basal das espécies. Desse modo, foram selecionadas as espécies de cada nível altitudinal, cuja somatória representou cerca de 70-80% da área basal total de cada nível (CORNELISSEN *et al.*, 2003). Assim, foram selecionadas um total de 36 espécies, seis no nível 1; 15 no nível 2 e 15 no nível 3, das quais apenas *Clusia paralicola* G. Mariz é considerada como espécie perenifólia, o que já era esperado, pois somente uma pequena fração das florestas tropicais secas, possui uma flora perenifólia, variando entre 1,1 a 9,7% (VILLALOBOS *et al.*, 2013). É importante ressaltar que algumas das espécies estudadas se repetem nos níveis de elevação. As espécies

de Cactaceas (*Pilosocereus pachycladus* F. Ritter) e de palmeira (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.), mesmo apresentando valores de densidade e área basal significativos, não foram utilizadas na análise devido à inviabilidade de mensuração dos traços foliares, sendo substituídas por outras subsequentes de maiores IVC.

Foram selecionados indivíduos adultos que não apresentaram folhas com grandes indícios de herbivoria ou patógenos e que estavam expostas em posição de plena luz (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013). Além disso, apenas foram incluídos indivíduos com características estruturais semelhantes (diâmetro e altura) e que estava em locais distantes um do outro (HULSHOF & SWENSON, 2010).

Realizou-se um levantamento bibliográfico em estudos florístico-fitosociológicos para obter informações sobre as características morfofuncionais das espécies estudadas, tais como: porte, fenologia foliar, tipo foliar, estágio seral e síndrome de dispersão (ALCOFORADO-FILHO *et al.*, 2003; ARAÚJO *et al.*, 2009; BARBOSA, BARBOSA e LIMA, 2003; CARVALHO *et al.*, 2012; CARVALHO, 2010; COSTA *et al.*, 2010; FABRICANTE, 2013; LIMA & RODAL, 2010; RODAL *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2014a; SILVA *et al.*, 2014b; SILVA *et al.*, 2013; SILVA & RODAL, 2009) (**Tabela 1**).

Tabela 1. Lista de espécies selecionadas e respectivos parâmetros fitossociológicos e ecológicos, em ordem alfabética por família na Serra de Bodocongó, município de Queimadas - PB. NI= número de indivíduos; AB= área basal; VC=valor de cobertura; VI=valor de importância; P = porte: AB = arbustivo, AV = arbóreo; TF = tipo foliar: S = simples, C = composta; FF = fenologia foliar: PR = perenifólia, DC = decídua de 2 a 3 meses, DL = decídua de 4 a 6 meses; DF = decídua facultativa; ES = estágio seral: PI = pioneira, SI = secundária inicial, ST = secundária tardia; SD= Síndrome de dispersão: anemo = anemocórica; zoo =zoocórica; auto = autocórica.

Famílias/Espécies	NI	AB	VI	VC	P	TF	FF	ES	SD
ANACARDIACEAE									
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	23	0.47	12.3	7.66	AV	C	DL	ST	Anemo
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	9	0.26	9.57	7.48	AV	C	DF	ST	Anemo
APOCYNACEAE									
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	15	0.33	12.4	8.29	AV	S	DC	PI	Anemo
BIGNONIACEAE									
<i>Tabebuia</i> sp.	32	0.08	7.83	5.79	AV	C	D ^(*)	ST	Anemo
CAPPARACEAE									
<i>Capparis jacobinae</i> Moric. ex Eichler	27	0.07	7.39	4.05	AV	S	DL	SI	Zoo
BURSERACEAE									
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	43	0.66	18	12.1	AV	C	DC	ST	Zoo
CLUSIACEAE									
<i>Clusia paralicola</i> G. Mariz	100	0.47	26.4	22.8	AV	S	PR	ST	Zoo
EUPHORBIACEAE									
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	36	0.16	11.9	7.77	AB	S	DL	PI	Anemo
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth.	64	0.17	15.4	12.4	AB	S	DL	PI	Auto
<i>Manihot glaziovii</i> Müell. Arg.	32	0.14	9.52	5.34	AV	S	DL	SI	Auto
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	45	0.06	15.7	11.1	AV	S	DL	SI	Auto
FABACEAE									
<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>colubrina</i> (Altschul)	17	0.56	13.6	10.8	AV	C	DC	SI	Auto
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	76	0.33	17.7	12.7	AV	C	DC	SI	Auto
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	61	0.46	17.3	10.7	AV	C	DL	SI	Auto
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P. Queiroz	57	0.39	16.2	11.6	AV	C	DC	PI	Auto
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	80	0.45	18.6	12.6	AV	C	DL	SI	Auto
LAMIACEAE									
<i>Vitex rufescens</i> A. Juss	33	0.39	16.1	13	AV	C	D ^(*)	-	Zoo
MALVACEAE									
<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K. Schum.	8	0.46	7.85	5.76	AV	C	DL	ST	Ameno
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil.) A. Robyns	19	0.28	8.59	5.24	AV	C	DL	ST	Ameno
NÃO IDENTIFICADA									
Morfoespécie 2	11	0.18	7.02	4.98	AV	C	D ^(*)	-	-
SAPINDACEAE									
<i>Allophylus laevigatus</i> (Turcz) Radlk	90	0.40	26	19.9	AV	C	DL	SI	Zoo
<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk	22	0.09	7.68	4.62	AV	C	DC	ST	Zoo
Morfoespécie 1	30	0.06	9.47	5.39	AV	C	D ^(*)	-	-

(*) Espécies decíduas sem tempo de duração das folhas definido na literatura consultada.

Medição dos traços foliares

Foram coletadas 10 folhas de cinco indivíduos por espécie. As folhas foram colocadas em um papel toalha umedecido dentro de um saco plástico selado e armazenado em uma caixa térmica para o transporte até o laboratório, onde foram mantidas em condições refrigeradas e escuras (GARNIER *et al.*, 2001b, SILVA *et al.*, 2014a). As folhas foram reidratadas com água destilada por seis horas, permanecendo em um local escuro e com temperatura ambiente até sua completa saturação (CORNELISSEN *et al.*, 2003; GARNIER *et al.*, 2001b).

As folhas foram pesadas em uma balança de precisão para obter a massa fresca foliar (MFF). A espessura foliar (EF) foi mensurada com auxílio de um paquímetro digital, evitando atingir a nervura central, bem como não exercer elevada pressão sobre a folha ao ponto de danificá-la (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013). Para as espécies com folhas compostas foram mensuradas três espessuras em folíolos distintos. A EF total nesses casos foi obtida pela soma das três espessuras dividida por três:

$$EF_{(Total)} = [(EF_1 + EF_2 + EF_3) / 3]$$

Posteriormente, as folhas foram digitalizadas juntamente com uma escala métrica com variação de 10 mm a 50 mm, para subseqüentes análises da área foliar (AF). A área foliar foi calculada com auxílio do programa ImageJ (RASBAND, 2014). Após estes procedimentos as folhas foram colocadas em uma estufa a 60°C durante 72 horas. Em seguida, pesadas para obter a massa seca foliar (MSF). O conteúdo de matéria seca foliar (CMSF) foi calculado pela razão da MSF (mg) / MFF (g) (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013), expresso em mg.g⁻¹. A área foliar específica (AFE), por sua vez, foi calculada através da divisão AF (mm²) / MSF (mg), expressa em mm².mg⁻¹. Para o cálculo da AFE foram inclusos os pecíolos (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013).

Nas espécies com folhas compostas, os traços foliares foram calculados considerando a folha como um todo e não entre os folíolos. A variabilidade entre os folíolos é muito maior entre as folhas e entre indivíduos da espécie, e por esse motivo, dever ser avaliada para a folha como um todo (HULSHOF & SWENSON, 2010; PRADO-JÚNIOR, *et al.*, 2014).

Análises dos dados

Com o objetivo de cumprir os pressupostos estatísticos de normalidade dos dados para posteriores análises, foi realizada a verificação de distribuição normal dos dados, utilizando o

teste de Shapiro-Wilk, considerado o mais indicado entre os testes de normalidade (HAMMER *et al.*, 2001). Os dados foram transformados usando logaritmo ($\text{Log}_{10} + 1$). As variáveis foram padronizadas para tornar os dados comparáveis, ainda que expressa em diferentes unidades (GOTELLI & ELLISON, 2010).

Para a comparação dos resultados de riqueza e área basal ao longo do gradiente de elevação, foi aplicada uma análise de variância (ANOVA), com teste TUKEY. Estes procedimentos foram realizados no programa PAleontological STatistics (PAST 2.17c) (HAMMER *et al.*, 2001).

Posteriormente, para que houvesse uma percepção mais evidente da influência do gradiente de elevação nos traços foliares nos diferentes níveis altitudinais realizou-se a multiplicação das médias dos traços das espécies com a densidade relativa (DR) das mesmas. Após isso, obteve-se uma somatória para cada espécie em cada nível.

Regressões lineares foram realizadas entre a altitude e os traços foliares para testar a influência do gradiente de elevação. Nesse caso, estas foram feitas desconsiderando os níveis de elevação, levando em conta apenas as altitudes individuais de cada espécime. Para tal procedimento foi utilizado o programa PAST 2.17c (HAMMER *et al.*, 2001).

Em seguida, foi feita uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) utilizando duas matrizes: uma com abundância e outra com as médias dos traços foliares (EF, AF, AFE e CMSF). A CCA possibilita uma análise de ordenação direta de gradientes, explicando a distribuição das espécies em relação às variáveis ambientais. Para tal procedimento, foi necessária uma subdivisão dos níveis altitudinais que até então assumia uma amplitude de 100 m. Sendo assim, cada nível passou a assumir uma amplitude de 50 m de elevação, resultando em cinco níveis: nível 1 (400-450 m); nível 2 (451-500 m); nível 3 (501-550 m); nível 4 (551-600 m) e nível 5 (≥ 600 m). Essa subdivisão dos níveis altitudinais foi importante para testar de forma mais significativa a variância dos traços foliares no gradiente de elevação. Para processamento da CCA utilizou-se o programa Fitopac 2.1 (SHEPHERD, 2010).

RESULTADOS

O gradiente de elevação foi caracterizado pelo aumento da riqueza de espécies com o acréscimo da altitude ($F=5.59$; $p<0.05$). Consequentemente houve uma mudança na composição florística sendo observada uma vegetação em estágio inicial de sucessão com predominância de espécies pioneiras, como *Croton blanchetianus* e *Poincianella pyramidalis* nos níveis inferiores, que sumarizaram cerca de 50% da área basal destes níveis. Nos níveis superiores foi percebida uma maior riqueza de espécies com o predomínio daquelas típicas de ambientes mais úmidos e conservados como *Clusia paralicola* e *Allophylus laevigatus* (**Tabela 1**). Além disso, o gradiente de elevação também representou uma transição progressiva entre uma vegetação aberta nos níveis inferiores para uma vegetação fechada, com maiores valores de área basal dos indivíduos nos níveis intermediários e superiores ($F=6.807$; $p < 0.05$).

Os resultados indicam uma grande variação dos traços funcionais foliares ao longo do gradiente de elevação. Os valores médios obtidos para a espessura foliar (EF) variaram de 0.05 mm (*Mimosa ophthalmocentra*) a 1.09 mm (*Clusia paralicola*). Os de área foliar (AF) variaram de 881.25 mm² (*Mimosa ophthalmocentra*) a 37109.42 mm² (morfoespécie 2). Já para área foliar específica (AFE) variaram de 4.13 mm². mg⁻¹ (*Clusia paralicola*) a 27.23 mm².mg⁻¹ (*Allophylus laevigatus*). Os valores para conteúdo de matéria seca foliar (CMSF) variaram de 219.32 mg.g⁻¹ (*Sapium glandulosum*) a 677.28 mg.g⁻¹ (*Capparis jacobinae*) (**Tabela 2**).

Considerando os valores médios dos traços entre os níveis de elevação, a EF teve seus menores valores no nível 1 e maiores no nível 3. AF e AFE apresentaram menores valores no nível 2 e 3 e maiores no nível 3 e 2, respectivamente. Já para CMSF, os menores e maiores valores foram obtidos no nível 2 (**Tabela 2**).

Tabela 2. Médias dos traços funcionais foliares (EF, AF, AFE, CMSF) com seus respectivos desvios padrão entre parênteses das 36 espécies amostradas na Serra de Bodocongó, Queimadas - PB, distribuídas em três níveis altitudinais: nível 1 (≥ 400); nível 2 (≥ 500) e nível 3 (≥ 600) de acordo com o VC. EF: espessura foliar (mm); AF: área foliar (mm^2); AF: área foliar específica ($\text{mm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$); CMSF: conteúdo de matéria seca foliar ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)

	Espécies	EF	AF	AFE	CMSF
NÍVEL 1	<i>Croton blanchetianus</i>	0.32 (0.07)	4002.81 (2488.17)	24.55 (8.82)	367.44 (49.54)
	<i>Poincianella pyramidalis</i>	0.18 (0.03)	5522.31 (2006.66)	9.65 (3.60)	533.15 (69.70)
	<i>Piptadenia stipulacea</i>	0.07 (0.02)	2656.92 (1434.79)	22.59 (9.63)	374.30 (99.07)
	<i>Aspidosperma pyriforme</i>	0.32 (0.05)	4154.81 (2592.74)	25.97 (12.23)	295.73 (27.79)
	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	0.05 (0.01)	910.35 (649.62)	25.14 (27.94)	400.77 (136.80)
	<i>Anadenanthera colubrina</i>	0.07 (0.03)	2429.04 (865.73)	19.87 (12.44)	515.94 (100.79)
NÍVEL 2	<i>Allophylus laevigatus</i>	0.12 (0.06)	4879.18 (2022.04)	27.23 (15.16)	526.83 (190.06)
	<i>Commiphora leptophloeos</i>	0.39 (0.20)	2441.66 (967.24)	17.66 (3.38)	298.37 (69.59)
	<i>Aspidosperma pyriforme</i>	0.31 (0.05)	2042.94 (814.29)	14.16 (5.00)	347.84 (29.91)
	<i>Bauhinia cheilantha</i>	0.20 (0.03)	2924.36 (1235.46)	18.41 (6.11)	462.37 (90.07)
	<i>Poincianella pyramidalis</i>	0.22 (0.03)	7648.74 (2297.31)	11.98 (1.26)	673.26 (251.33)
	<i>Sapium glandulosum</i>	0.41 (0.06)	2398.15 (727.76)	14.64 (4.79)	219.32 (58.57)
	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	0.43 (0.09)	8567.31 (3269.73)	13.48 (8.33)	677.03 (571.19)
	<i>Schinopsis brasiliensis</i>	0.13 (0.03)	3544.14 (1303.73)	14.27 (7.04)	554.59 (220.89)
	<i>Manihot glaziovii</i>	0.29 (0.11)	14885.31 (8299.59)	17.89 (7.24)	279.14 (71.67)
	<i>Pseudobombax marginatum</i>	0.21 (0.04)	12881.97 (4712.32)	16.48 (4.71)	403.02 (237.58)
	<i>Croton heliotropiifolius</i>	0.33 (0.05)	1945.99 (741.60)	10.47 (3.89)	447.06 (123.62)
	<i>Ceiba glaziovii</i>	0.18 (0.04)	9061.70 (4349.47)	20.32 (11.65)	363.27 (175.19)
	<i>Croton blanchetianus</i>	0.43 (0.14)	3996.02 (1595.57)	20.61 (10.50)	520.09 (163.59)
	<i>Capparis jacobinae</i>	0.41 (0.11)	1684.64 (855.17)	6.95 (4.10)	677.28 (201.27)
<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	0.07 (0.02)	881.25 (432.18)	15.41 (6.40)	464.42 (145.03)	
NÍVEL 3	<i>Clusia paralicola</i>	1.09 (0.23)	5954.92 (1931.27)	4.13 (2.34)	303.93 (68.39)
	<i>Allophylus laevigatus</i>	0.19 (0.03)	4056.29 (1920.33)	9.96 (2.15)	568.33 (133.13)
	<i>Bauhinia cheilantha</i>	0.18 (0.11)	4721.49 (2000.30)	19.85 (5.88)	471.12 (173.15)
	<i>Vitex rufescens</i>	0.38 (0.04)	6850.84 (1905.68)	11.06 (8.69)	388.43 (77.95)
	<i>Croton heliotropiifolius</i>	0.40 (0.17)	3807.76 (1402.15)	21.06 (6.11)	367.12 (111.97)
	<i>Aspidosperma pyriforme</i>	0.26 (0.08)	1917.42 (359.13)	14.62 (3.31)	363.60 (122.48)
	<i>Croton blanchetianus</i>	0.31 (0.07)	2338.84 (1006.47)	18.82 (7.83)	364.48 (81.91)
	<i>Schinopsis brasiliensis</i>	0.14 (0.03)	3099.24 (1462.44)	11.58 (6.09)	583.17 (197.59)
	<i>Commiphora leptophloeos</i>	0.16 (0.04)	3452.12 (1603.50)	22.72 (10.11)	290.77 (74.38)
	<i>Tabebuia</i> sp.	0.21 (0.09)	11766.51 (5229.41)	13.64 (6.31)	501.92 (84.84)
	Morfoespécie 1	0.17 (0.03)	3043.34 (1546.11)	8.47 (1.42)	524.26 (84.87)
	Morfoespécie 2	0.17 (0.02)	37109.42 (15976.87)	20.14 (4.54)	274.18 (55.35)
	<i>Manihot glaziovii</i>	0.28 (0.03)	13871.19 (6015.02)	18.97 (4.14)	221.93 (60.25)
	<i>Talisia esculenta</i>	0.14 (0.04)	10006.19 (4128.37)	16.45 (12.28)	589.10 (146.06)
	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	0.18 (0.05)	9945.42 (5171.07)	14.40 (3.96)	481.29 (124.55)

Em geral, observou-se com as regressões lineares que as respostas dos traços foliares para a elevação foram significativas e semelhantes para EF ($r= 0.197$; $p<0.01$) e AF ($r=0.205$; $p<0.01$). Já para AFE houve uma correlação negativa ($r= -0.268$; $p<0.01$), indicando uma diminuição dos valores médios com acréscimo da elevação (**Figura 3**). Mas, para CMSF, não houve variação significativa ($p > 0.05$). Em consequência, a somatória dos valores médios dos traços multiplicados pela densidade relativa das espécies aumentou com a elevação para EF e AF, diminuiu para AFE e para CMSF foi observado um aumento até níveis intermediários e um decréscimo níveis superiores (**Tabela 3**).

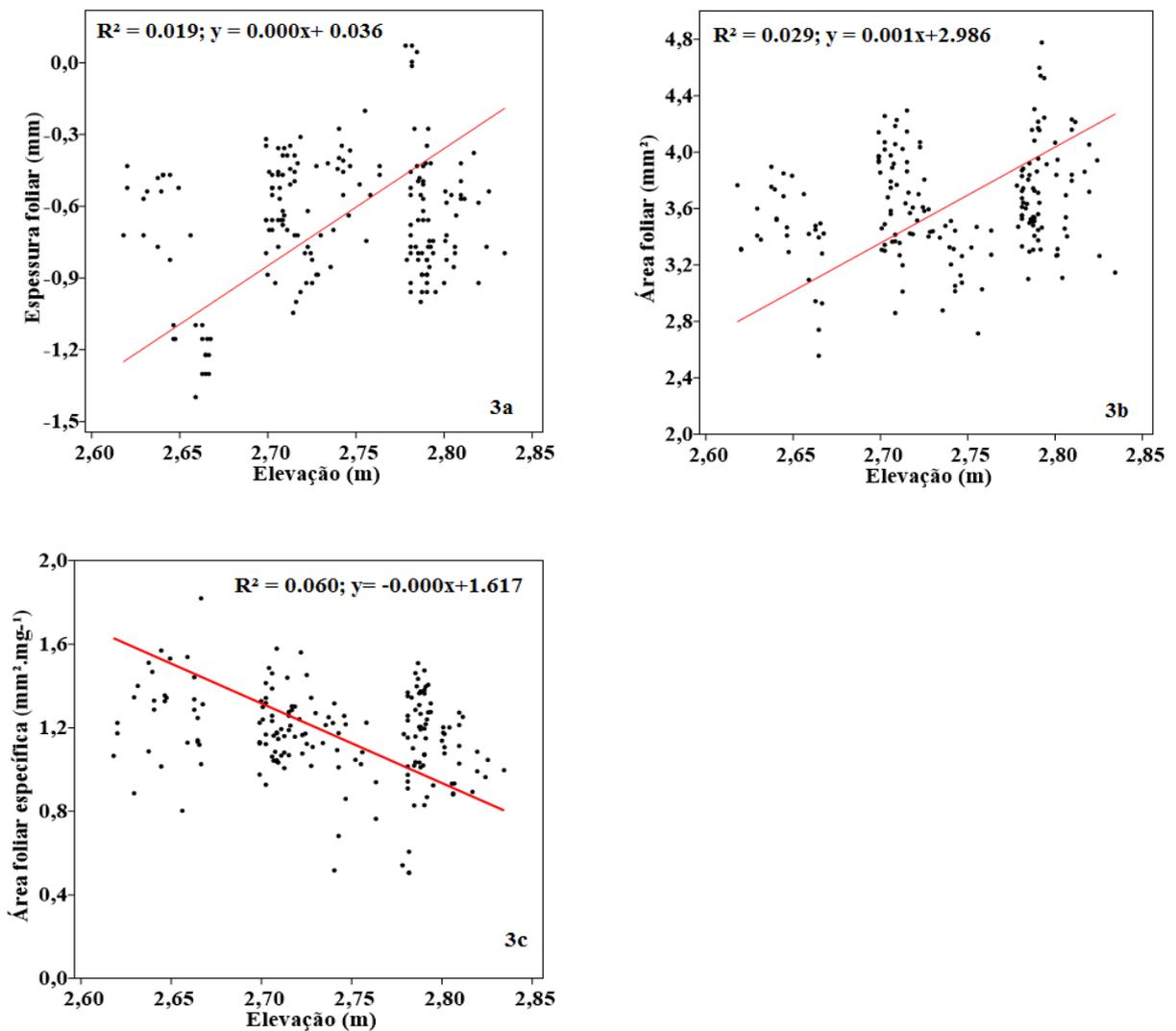


Figura 3. Regressões lineares entre elevação e os traços funcionais foliares. **3a** - regressão linear entre EF e elevação. **3b** – regressão linear entre AF e elevação e **3c** – regressão linear entre AFE e elevação. **Dados transformados em $\text{Log}_{10}+1$.**

Tabela 3. Somatória da média do traço por espécie multiplicada pela contribuição da densidade relativa da espécie em cada nível altitudinal. DR: densidade relativa; EF: espessura foliar (mm); AF: área foliar (mm²); AFE: área foliar específica (mm². mg⁻¹); CMSF: Conteúdo de matéria seca foliar (mg.g⁻¹).

	Espécies	DR	DR x EF	DR x AF	DR x AFE	DR x CMSF
NÍVEL 1	<i>Croton blanchetianus</i>	0.499	0.157	1997.138	12.249	183.328
	<i>Poincianella pyramidalis</i>	0.272	0.049	1501.268	2.623	144.939
	<i>Piptadenia stipulacea</i>	0.085	0.006	226.603	1.927	31.923
	<i>Aspidosperma pyriforme</i>	0.061	0.019	252.478	1.578	17.971
	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	0.065	0.003	59.202	1.635	26.063
	<i>Anadenanthera colubrina</i>	0.018	0.001	43.842	0.360	9.351
	Soma	1.000	0.240	4080.530	20.372	413.575
NÍVEL 2	<i>Allophylus laevigatus</i>	0.271	0.033	1321.759	7.377	142.717
	<i>Commiphora leptophloeos</i>	0.067	0.026	162.525	1.176	19.861
	<i>Aspidosperma pyriforme</i>	0.093	0.029	189.747	1.315	32.307
	<i>Bauhinia cheilantha</i>	0.118	0.023	899.852	2.166	54.396
	<i>Poincianella pyramidalis</i>	0.088	0.020	674.889	1.057	59.405
	<i>Sapium glandulosum</i>	0.070	0.028	167.054	1.020	15.278
	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	0.036	0.015	305.028	0.480	24.105
	<i>Schinopsis brasiliensis</i>	0.014	0.003	49.163	0.197	7.714
	<i>Manihot glaziovii</i>	0.050	0.014	737.353	0.886	13.827
	<i>Pseudobombax marginatum</i>	0.029	0.006	378.862	0.485	11.854
	<i>Croton heliotropiifolius</i>	0.050	0.016	96.396	0.519	22.145
	<i>Ceiba glaziovii</i>	0.012	0.002	24.099	0.252	4.499
	<i>Croton blanchetianus</i>	0.039	0.016	350.685	0.798	20.127
	<i>Capparis jacobinae</i>	0.042	0.017	70.411	0.290	28.307
	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	0.023	0.005	20.462	0.345	10.784
	Soma	1.000	0.254	5448.284	18.362	467.336
	NÍVEL 3	<i>Clusia paralicola</i>	0.178	0.194	1061.483	0.736
<i>Allophylus laevigatus</i>		0.160	0.031	650.742	1.598	91.176
<i>Bauhinia cheilantha</i>		0.128	0.024	605.967	2.548	60.465
<i>Vitex rufescens</i>		0.059	0.022	402.991	0.583	22.849
<i>Croton heliotropiifolius</i>		0.114	0.046	434.397	2.403	41.882
<i>Aspidosperma pyriforme</i>		0.027	0.007	51.268	0.391	9.722
<i>Croton blanchetianus</i>		0.064	0.020	150.086	1.208	23.389
<i>Schinopsis brasiliensis</i>		0.027	0.004	82.867	0.310	15.593
<i>Commiphora leptophloeos</i>		0.018	0.003	61.535	0.405	5.183
<i>Tabebuia</i> sp.		0.053	0.009	162.745	0.453	26.841
Morfoespécie 1		0.039	0.011	543.961	0.535	20.559
Morfoespécie 2		0.057	0.012	671.173	1.082	15.640
<i>Manihot glaziovii</i>		0.039	0.005	392.400	0.535	8.703
<i>Talisia esculenta</i>		0.016	0.003	159.552	0.231	9.451
<i>Myracrodruon urundeuva</i>		0.020	0.003	727.636	0.395	9.437
Soma		1.000	0.394	6158.802	13.411	415.065

Através da análise de correspondência canônica (CCA) observou-se a formação de três grupos funcionais foliares distintos (**Figura 4**). O primeiro grupo formado por *Clusia paralicola*, Morfoespecie 1, Morfoespecie 2, *Talisia esculenta*, *Tabebuia sp.* e *Vitex rufescens*, associadas a maiores valores de AF situadas nos níveis superiores (>600 m). O segundo grupo constituído por *Capparis jacobinae*, *Ceiba glaziovii*, *Pseudobombax marginatum* e *Sapium glandulosum*, espécies com alto CMSF situadas em níveis intermediários (551-600 m) e o terceiro grupo formado por *Anadenanthera colubrina*, *Mimosa opthalmocentra*, *Poincianella pyramidalys* e *Piptadenia stipuluceae*, apresentando alta AFE e baixa EF, presentes nos níveis inferiores (451-500 m).

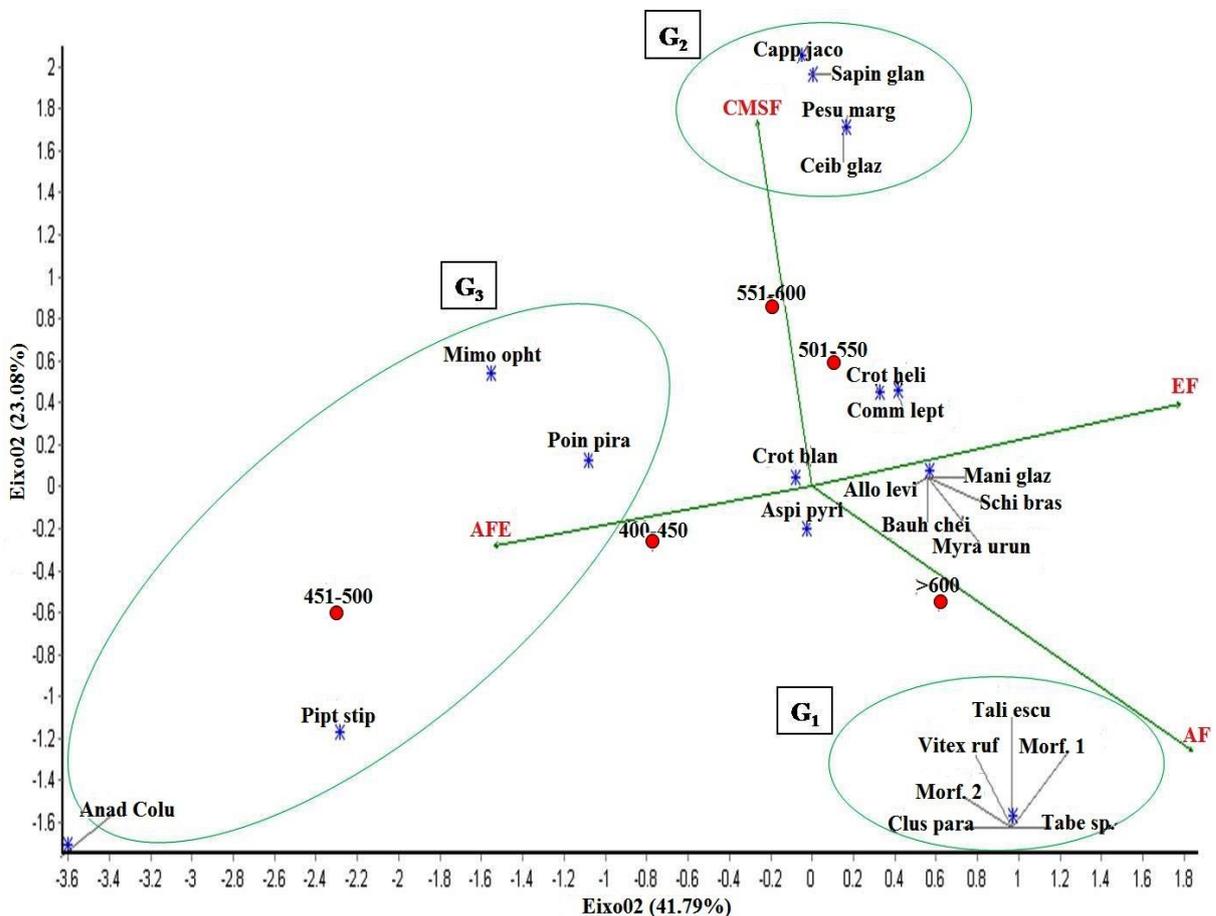


Figura 4. Diagrama de ordenação da Análise de correspondência canônica (CCA), baseada na abundância das espécies e os traços foliares (EF; AF; AFE e CMSF), na Serra de Bodocongó, Queimadas – PB, Brasil.

Os dois eixos da CCA explicaram 64.87% da variância dos traços foliares das espécies entre os níveis de elevação. O eixo 1 foi associado com EF e AF, explicando 41.79% da variância total, enquanto o eixo 2 está relacionado com AFE e CMSF, explicando 23.08% da variância total.

DISCUSSÕES

Em resposta a primeira hipótese, os resultados apontaram uma grande variabilidade dos traços foliares ao gradiente de elevação e seus fatores associados, revelando que apesar da baixa amplitude altitudinal, as serras do semiárido brasileiro proporcionam as espécies vegetais coexistentes a adotar diferentes estratégias para suprir às mudanças nos fatores abióticos e bióticos decorrentes da elevação. Estudos recentes em gradientes de elevação (ALBERT *et al.*, 2010; KICHENIN *et al.*, 2013; SUNDQVST, GIESLER e WARDLE, 2011; SWENSON *et al.*, 2010), como também em outros gradientes (JUNG *et al.*, 2010; PÉREZ-RAMOS *et al.*, 2012), corroboram essa tendência.

As variações nas condições ambientais com a altitude refletem o efeito combinado das peculiaridades locais ou regionais e os fenômenos gerais de altitude (KÖRNER, 2007). No nosso caso, as regiões serranas do semiárido brasileiro apresentam curtos gradientes de elevação, com picos de 1000 m (SAMPAIO, 2010). No entanto, formam linhas de locais mais úmidos, nas regiões de maior altitude, com balanço hídrico favorecido e taxas de temperaturas mais amenas, resultando em taxas menores de evapotranspiração e condensação noturna (SAMPAIO, 2010) e redução do estresse fisiológico (SANDERS *et al.*, 2003). Além disso, devido à dificuldade de acesso pelo homem, as altitudes mais elevadas correspondem a ambientes mais preservados com maior riqueza de espécies e micro-climas mais sombreados (SILVA *et al.*, 2014b). Essa variabilidade encontrada nos traços foliares, neste estudo, pode ter sido devido às diferentes respostas das espécies co-ocorrentes para enfrentar a heterogeneidade micro-ambiental e/ou interações bióticas no decorrer da elevação (PESCADOR *et al.*, 2015).

As regressões lineares demonstraram que três dos quatro traços analisados sofreram variação com a elevação. EF e AF foram positivamente correlacionados com o aumento da altitude, enquanto AFE foi observado o inverso. O aumento da espessura foliar com elevação também tem sido descrito (PESCADOR *et al.*, 2015). Estudos recentes relacionam este aumento ao fato que em altitudes mais elevadas existe uma maior radiação UV-B (KÖRNER, 2007; PESCADOR *et al.*, 2015), constituído, portanto, uma estratégia das plantas para proteger seus sistemas fotossintéticos (TURUNEN *et al.*, 2005).

Por outro lado, AF aumentou com a elevação, apesar das expectativas. Este traço foliar tende a diminuir com maior disponibilidade de luz (POORTER *et al.*, 2009), ou seja, menores valores com a elevação (POORTER *et al.*, 2009). Entretanto, nas serras do semiárido os

níveis altitudinais superiores representam ambientes mais sombreados, sendo observada uma transição progressiva entre uma vegetação aberta nos níveis inferiores para uma vegetação fechada, com maiores valores de área basal dos indivíduos nos níveis intermediários e superiores. Assim, nestas áreas, uma maior AF possibilita maior captação de luz e maior taxa fotossintética (CORNELISSEN *et al.*, 2003; PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013). Essa disparidade no padrão nos valores de AF com a elevação entre os estudos pode ser devido às condições micro-ambientes específicas de curtos gradientes de altitude do semiárido brasileiro (SILVA *et al.*, 2014b) e a diminuição da ação antrópica em altitudes elevadas, criando ambientes mais conservados e com menor disponibilidade de luz.

A área foliar específica (AFE), por sua vez, foi negativamente correlacionada com a elevação. Isto é provavelmente devido ao fato que AFE diminui fortemente com diversas variáveis conhecidas que alteram com o aumento da elevação, isto é, diminuição da temperatura e disponibilidade de nutrientes no solo (POORTER *et al.*, 2009). Ademais, este resultado confirma o que foi observado em outros estudos (REICH *et al.*, 2003; WRIGHT *et al.*, 2004), que indicaram que o aumento na intensidade de perturbação influencia significativamente no aumento da AFE da comunidade como um todo, isto porque, espécies presentes em comunidades perturbadas, onde os recursos são escassos, necessitam de traços foliares com maior poder aquisitivo de nutrientes para proporcionar crescimento rápido (CHAZDON *et al.*, 2007).

Em apoio a segunda hipótese, as necessidades individuais de recursos das espécies em uma mesma comunidade pode levar diferentes respostas a mesma mudança ambiental (KICHENIN *et al.*, 2013). A análise de correspondência canônica (CCA) sugeriu a formação de três grupos funcionais foliares de espécies distintos, ao longo do gradiente de elevação. Para essa análise, assumimos os valores médios dos traços foliares nos diferentes níveis de elevações, indicando que a ordenação das espécies correspondeu respostas das mesmas a fatores ambientais específicos de cada nível de elevação.

O primeiro grupo é composto por espécies que apresentaram altos valores de AF presentes nos níveis superiores (> 600 m). Altos valores de AF favorece uma maior exposição a luz e portanto, ideal em ambientes mais sombreados (CORNELISSEN *et al.*, 2003; PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013; REICH *et al.*, 2003). Este grupo é composto por espécies, que em sua maioria, exclusivas de elevações superiores, a exemplo de *Clusia paralicola*, única espécie perenifólia deste estudo. Esta espécie é típica de áreas serranas do semiárido brasileiro, onde há maior umidade (ALCOFORADO-FILHO *et al.*, 2003; SALES *et al.*, 1998). Além disso, *C. paralicola*, possui um comportamento bem peculiar, esta espécie forma

pequenos aglomerados (ilhas de vegetação) no nível superior onde pouco ou nenhuma outra espécie é encontrada. A presença dessa espécie nos níveis superiores sugere um gradiente de umidade associado ao de elevação.

O segundo grupo é formado por espécies com maior CMSF presentes nos níveis intermediários (551-600 m). Ao explicar respostas dos traços foliares a um gradiente de elevação, Albert *et al.* (2010) sugerem que alguns traços, incluindo o CMSF, responde a gradiente ambientais seguindo curvas de sino. Altos valores de CMSF indicam uma menor vulnerabilidade a danos físicos como herbivoria e exposição de ventos e maior longevidade foliar (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013). Todas as espécies que compõem este grupo, apesar de caducifólias, apresentam maior longevidade foliar, cerca de 4 a 6 meses de duração (**Tabela 1**). *Pseudobombax marginatum* e *Ceiba glaziovii* espécies pertencentes a este grupo são indicadoras de ambientes mais conservados (PEREIRA *et al.*, 2001). Em um estudo recente com cinco montanhas no semiárido brasileiro, Silva *et al.*, (2014b), também coletaram aquelas espécies com mais frequência em altitudes mais elevadas.

O terceiro grupo é composto por espécies que apresentaram baixa EF e alta AFE, presentes nos níveis inferiores (451-500 m). EF e AFE são frequentemente correlacionados, onde folhas menos espessas tende a possuir AFE maior e vice-versa (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013). Este grupo é composto por espécies pertencentes a família Fabaceae, sendo a maioria secundárias iniciais, exceto *Poincianella pyramidalys* que é uma espécie pioneira (CARVALHO *et al.*, 2012; SANTANA & SOUTO, 2006). As espécies pioneiras e secundárias iniciais ocorrem em conjunto apenas com maior frequência e densidade em ambientes poucos sombreados e antropizados (CARVALHO *et al.*, 2012). Sendo assim, aumento nos valores de AFE possibilita essas espécies um aumento de N foliar e da capacidade fotossintética por unidade de biomassa investida (REICH *et al.*, 2003), proporcionando um crescimento mais rápido da planta (EAMUS, 1999). Nesse grupo, apesar das espécies estarem em ambientes com maior incidência de luz, parece que a deciduidade e ação antropica são fatores mais preponderantes, pois o não investimento em EF e, assim, proteção contra a fotoinibição e um investimento maior em AFE, reflete uma estratégia para uma maior alocação de recursos proporcionando crescimento e desenvolvimento durante a estação chuvosa, já que na estação seca há perda das folhas.

Esses resultados contribuem para a crescente compreensão de como os diferentes mecanismos conduzem a variação de traços funcionais de plantas em ambientes com curta variação altitudinal no semiárido brasileiro. Contudo, se fazem necessários estudos mais aprofundados baseando-se em análises complementares, como taxa fotossintética e taxas de

nutrientes das folhas (nitrogênio e fósforo), além de variáveis do solo (declividade, profundidade, umidade e fertilidade) para uma melhor compreensão e, assim, estabelecer padrões que consigam facilitar o entendimento de como os traços funcionais podem ser reflexo das distribuições das populações envolvidas em cada nível altitudinal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A grande variabilidade nos traços foliares indica que os recursos disponíveis ao longo do gradiente de elevação estão sendo, explorados de diversas maneiras pelas espécies coexistentes, o que tornou possível a formação de grupos funcionais foliares nos diferentes níveis altitudinais. Uma maior riqueza de espécies associada a maiores valores de área basal nos níveis de elevação superiores possibilitaram a criação de ambientes mais sombreados refletindo em uma correlação positiva entre AF e elevação, contrariando a tendência registrada em outros estudos com gradientes de elevação, o que realça a importância das serras do semiárido como refúgios naturais para a biodiversidade.

Por outro lado, altos valores AFE nos níveis altitudinais inferiores onde se há maior incidência luminosa, indica que os efeitos da perturbação e, talvez, variáveis edáficas, sobrepõem os efeitos da luz. E uma maior AFE nesse caso, pode consistir numa estratégia para maior eficiência fotossintética, proporcionado rápido crescimento.

Apesar de ter tido uma boa indicação de uma resposta funcional em relação aos traços foliares das espécies ao longo do gradiente de elevação ainda se fazem necessárias análises mais aprofundadas, para uma melhor compreensão e facilitar o entendimento de como os traços funcionais podem ser reflexo das distribuições das populações envolvidas em cada nível altitudinal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERT, C.H.; THUILLER, W.; YOCCOZ, N.G.; SOUDANT, A.; BOUCHER, F.; SACCONI, P.; LAVOREL, S. Intraspecific functional variability: extent, structure and sources of variation. **Functional Ecology**, v.98, p. 604-613, 2010.
- ALCOFORADO-FILHO, F. G.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Act. Bot. Bras.** v. 17, n. 2, p. 287-303, 2003.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, C. M.; LUCENA, C. M.; SANTOS, S. S.; LUCENA, R. F. P.; TROVÃO, D. M. B. M. Ethnobotanical study of useful vegetal species in two rural communities in the semi-arid region of Paraíba state (Northeastern Brazil). **Bol. Mus. Biol. Mello Leitão (N. Sér.)**, v. 34, p.75-96, 2014.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAUJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Revista Acta Botânica Brasília**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**. London, v. 16, [s.n], p. 105 - 121, 2009.
- ARAÚJO, J. L. O.; QUIRINO, Z. G. M.; GADELHA NETO, P.C.; ARAÚJO, A.C. Síndromes de polinização ocorrentes em uma área de Mata Atlântica, Paraíba, Brasil. **Revista Biotemas**, 22 (4), 2009
- BARBOSA, D. C. A.; BARBOSA, M. C.A.; LIMA, L. C. M. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Ed). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p. 657-695, 2003.
- CARVALHO, E. C. D.; SOUZA, B. C.; TROVÃO, D. M. B. M. Ecological succession in two remnants of the Caatinga in the semi-arid tropics of Brazil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 10, n. 1, p. 13-19, 2012.
- CARVALHO, Ellen Cristina Dantas de. **Estrutura e Estágios de Sucessão Ecológica da vegetação da caatinga em ambiente serrano no cariri paraibano**. 2010. 22 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental), Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB.
- CHAZDON, R. L.; LETCHER, M.V.; BREUGEL, M.V.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F.; FINEGAN, B. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forest following major disturbances. **Philosophical Transaction o the Royal Society B** 362:273-289, 2007.

CORNELISSEN, J. H. C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S. M.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P. B.; TER STEEGE, H.; MORGAN, H. D.; PAUSAS, J. G. e 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.

COSTA, P. M.; NAPPO, M. E.; CAÇADOR, F. R. D.; BARROS, H. H. D. Avaliação do processo de reabilitação de um trecho de Floresta ciliar na bacia do rio Itapemirim-ES. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.835-851, 2010.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 2006.

EAMUS, D. Ecophysiological traits of deciduous and evergreen woody species in the seasonally dry tropics. **Trends Ecol Evol**, 4:1–16. 1999.

FABRICANTE, J. R. Sociabilidade de espécies da mata atlântica com a exótica invasora *Artocarpus heterophyllus* Lam. **Rev. Biol. Neotrop.** 10(2), p.18-25, 2013

GARNIER, E.; LAURENT, G.; BELLMANN, A.; DEBAIN, S.; BERTHELIER, P.; DUCOUT, B.; ROUMET, C.; NAVAS, L. Consistency of species ranking based on functional leaf traits. **New Phytologist**, v. 152, p.69-83, 2001 a.

GARNIER, E.; SHIPLEY, B.; ROUMET, C.; LAURENT, G. A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. **Functional Ecology**, v.15, p. 688-695, 2001b.

GOTELLI, N. J. & ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**: ARTMED editora, 2010. 528 p.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, v.4, p.1-9, 2001;

HULSHOF, C. M. & SWENSON, N. G. Variation in leaf functional trait values within and across individuals and species: an example from a Costa Rican dry forest. **Functional Ecology**, v. 24, p.217-223, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2004. **Mapa da vegetação do Brasil**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais/vegetacao.pdf >. Acesso em: 25 de out. 2014.

JUNG, V.; VIOLLE, C.; MONDY, C.; HOFFMANN, L.; MULLER, S. Intraspecific variability and trait-based community assembly. **Journal Ecology**, v.98, p.1134-1140, 2010.

KICHENIN, E., WARDLE, D.A., PELTZER, D.A., MORSE, C.W., FRESCHET, G.T. Contrasting effects of plant inter-and intraspecific variation on community-level trait measures along an environmental gradient. **Functional Ecology**, v.27, p. 1254–1261, 2013.

KÖRNER, C. The use of ‘altitude’ in ecological research. **Trends Ecol. Evol.**, v.22, p.569-574, 2007.

LIMA, A. L. A. & RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, 74 p.1363-1373, 2010.

MARTINS, F. R. Fitossociologia de florestas do Brasil: um histórico bibliográfico. São Leopoldo, **Pesquisas**, v. 40, p. 103-164, 1989.

OLIVEIRA, P. T. B.; TROVÃO, D. M. B. M.; CARVALHO, E. C. D.; SOUZA, B.C de.; FERREIR, L. M. R. Florística e Fitossociologia de quatro remanescentes vegetacionais em áreas de serra no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.4, p.169-178, 2009.

PESCADOR, D. S.; BELLO, F.; VALLADARES, F.; ESCUDERO, A. Plant Trait Variation along an Altitudinal Gradient in Mediterranean High Mountain Grasslands: Controlling the Species Turnover Effect. **PLOS ONE**, p. 1-16, 2015.

PÉREZ-RAMOS, I. M.; ROUMET, C.; CRUZ, P.; BLANCHARD, A.; AUTRAN, P. & GARNIER, E. limitations in a Mediterranean rangeland of southern France. **Journal of Ecology**, v.100, p.1315–1327, 2012.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 61, n. 3, p. 167-234, 2013.

PEREIRA, D. D. **Cariris paraibanos: do sesmarialismo aos assentamentos de reforma agrária. Raízes da desertificação?** 2008. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande –PB.

PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; COSTA, J. R. M., DIAS, J. M. Regeneração natural em um remanescente de Caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Act. Bot. Bras.** 15, p.413-426, 2001.

POORTER, L. Leaf traits show different relationships with shade tolerance in moist versus dry tropical forests. **New Phytologist**, v.181, p. 890-900, 2009.

PRADO-JÚNIOR, J. A.; VALE, V.S.; LOPES, S. F.; ARANTES, C. S.; OLIVEIRA, A.P.; SCHIAVINI, I. Impacts of disturbance intensity in functional traits patterns in understories of seasonal forests. **Biosci. J.**, Uberlandia, v. 30 , p. 901-911, 2014.

RASBAND, W. S. ImageJ 1.34n. National Institutes of Health. Disponível em: < <http://imagej.nih.gov/ij/> >. Acesso em 10 ago. 2014.

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: p.1955–1969, 1999.

REICH, P. B.; WRIGHT, I. J.; CAVENDER-BARES, J.; CRAINE, J. M.; OLEKSYN, J.; WESTOBY, M. e WALTERS M. B. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **International Journal of Plant Sciences**, v. 164, p. 143-164, 2003.

RICHARDSON, S. J.; ALLEN, R. B.; BUXTON, R. P.; EASDALE, T. A.; HURST, J. M.; MORSE, C. W.; SMISSEN, R. D.; PELTZER, D. A. Intraspecific relationships among wood density, leaf structural traits and environment in four co-occurring species of *Nothofagus* in New Zealand. **PLOS ONE**, v.8, p.1-13, 2013.

RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C. C.; SILVA, A. C. B. L. Estrutura da vegetação caducifólia espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 209-217, 2008.

RODAL, M. J. N. & NASCIMENTO, L. M. Levantamento florístico da floresta serrana da Reserva Biológica de Serra Negra, microrregião de Itaparica, Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** v.16, p. 481-500, 2002.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A. **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico – ecossistema caatinga**. 1ª ed. Sociedade de Botânica, Brasília, 2013.

SALES, M. F.; MAYO, S. J. & RODAL, M. J. N. **Plantas vasculares das florestas serranas de Pernambuco** - Um checklist da flora ameaçada dos brejos de altitude. Imprensa Universitária. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1998.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do bioma caatinga. In: GARIGLIO, M. A., SAMPAIO, E. V. S. B., CESTARO, L. A., KAGEYAMA, P. Y. (Eds.). **Uso sustentável e Conservação dos recursos florestais da caatinga**. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, p. 27- 48, 2010.

SANDERS, N. J.; MOSS, J.; WAGNER, D. Patterns of ants species richness along elevational gradients in an arid ecosystem. **Glob. Ecol. Biogeogr**, v. 12, p.93-102, 2003.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na estação ecológica do Seridó - RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 232-242, 2006.

SCHEEPENS, J.; FREI, E. & STOCKLIN, J. Genotypic and environmental variation in specific leaf area in a widespread Alpine plant after transplantation to different altitudes. **Oecologia**, v.164, p.141–150, 2010.

SHEPHERD, G.J. **FITOPAC 2.1. Manual do usuário**. Campinas, Universidade de Campinas, Departamento de Botânica, 2010.

SILVA, M. C. N. A. & RODAL, M.J. N. Padrões das síndromes de dispersão de plantas em áreas com diferentes graus de pluviosidade, PE, Brasil. **Acta bot. bras.**, 23(4), p.1040-1047, 2009.

SILVA, A. C. C.; PRATA, A. P. N.; MELLOZ, A. A.; SANTOS, A. C. A. S. Síndromes de dispersão de Angiospermas em uma Unidade de Conservação na Caatinga, SE, Brasil. **Hoehnea**, p. 604-609, 2013.

SILVA, F. K. G.; LOPES, S. F.; LOPEZ, L. C. S.; MELO, J. I. M.; TROVÃO, D. M. B. M. Patterns of species richness and conservation in the Caatinga along elevational gradients in a semiarid ecosystem. **Journal of Arid Environments**, v.110, p.47-52, 2014 a.

SILVA, A. M. L.; LOPES, S. F.; VITÓRIO, L. A. P.; SANTIAGO, R. R.; MATTOS, E. A.; TROVÃO, D. M. B. M. Plant functional groups of species in semiarid ecosystems in Brazil: wood basic density and SLA as an ecological indicator. **Brazilian Journal of Botany**, v. 37, p.229-237, 2014 b.

SUNDQVIST, M. K.; GIESLER, R. & WARDLE, D. A. Within and across-species responses of plant traits and litter decomposition to elevation across contrasting vegetation types in subarctic tundra. **PLOS ONE**, v.6, 2011.

SWENSON, N.G.; ANGLADA-CORDERO, P.; BARONE, J. A. Deterministic tropical tree community turnover: evidence from patterns of functional beta diversity along an elevational gradient. **Proc. R. Soc. B**, 2010.

TURUNEN, M.; LATOLA, K.. UV-B radiation and acclimation in timberline plants. **Environ Pollut.** 2005.

VIOLLE, C.; NAVAS, M.L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. Let the concept of trait be functional!. **Oikos**, v.116, p.882–892, 2007.

VILLALOBOS, S. C.; GONZÁLEZ-CARCACÍA, J. A.; RODRÍGUEZ, J. P.; & NASSAR, J. **Interspecific and interannual variation in foliar phenological patterns in a successional mosaic of a dry forest in the central llanos of Venezuela.** In: G. A. SÁNCHEZ-AZOFEIFA, J. S. POWERS, G. W. FERNANDES, & M. QUESADA (Eds.). *Tropical dry forests in the Americas*, p. 301–324, 2013.

WRIGHT, I.J.; REICH, P. B.; WESTOBY, M.; ACKERLY, D. D.; BARUCH, Z.; BONGERS, F.; CAVENDER-BARES, J.; CHAPIN, F. S.; 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.; MIDGLEY, J. J.; NAVAS, M.-L.; NIINEMETS, Ü.; OLEKSYN, J.; OSADA, N.; POORTER, H.; POOT, P.; PRIOR, L.; PYANKOV, V. I.; ROUMER, C.; THOMAS, S. C.; TJOELKER, M. G.; VENEKLAAS, E. J. e VILLAR, R. The world-wide leaf economics spectrum. **Nature**, London, v. 428, p. 821–827, 2004.

WRIGHT, I. J.; REICH, P. B.; CORNELISSEN, J. H. C.; FALSTER, D. S.; GROOM, P. K.; HIKOSAKA, K.; LEE, W.; LUSK, C. H.; NIINEMETS, U.; OLEKSYN, J.; OSADA, N.; POORTER, H.; WARTON, D. I. & WESTOBY, M. Modulation of leaf economic traits and trait relationships by climate. **Global Ecology & Biogeography**, 14, p.411–421, 2005.