

LUCAS BENEDITO DA SILVA

**TRAÇOS FUNCIONAIS DE AMBIENTES CILIAR E NÃO CILIAR EM MATA
ATLÂNTICA**

**RECIFE
Pernambuco – Brasil
Agosto – 2022**

LUCAS BENEDITO DA SILVA

**TRAÇOS FUNCIONAIS DE AMBIENTES CILIAR E NÃO CILIAR EM MATA
ATLÂNTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Lícia Patriota Feliciano Marangon

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Agosto – 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S586t Silva, Lucas Benedito da
Traços funcionais de ambientes ciliar e não ciliar em Mata Atlântica / Lucas Benedito da Silva. - 2022.
82 f. : il.
- Orientadora: Ana Licia Patriota Feliciano Marangon.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Recife, 2022.
1. ecologia de comunidades. 2. mata ciliar. 3. diversidade funcional. 4. divergência funcional. 5. fertilidade do solo. I. Marangon, Ana Licia Patriota Feliciano, orient. II. Título

CDD 634.9

LUCAS BENEDITO DA SILVA

**TRAÇOS FUNCIONAIS DE AMBIENTES CILIAR E NÃO CILIAR EM MATA
ATLÂNTICA**

Aprovado em: **31 de agosto de 2022.**

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Marília Alves Grugiki
Centro de Ciências Agrárias (CECA) - Universidade Federal de Alagoas

Prof.^a Dr.^a Maria da Penha Moreira Gonçalves
Departamento de Ciência Florestal - Universidade Federal Rural de Pernambuco

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a Ana Lícia Patriota Feliciano Marangon
Departamento de Ciência Florestal – Universidade Federal Rural de Pernambuco

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Agosto – 2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por suas obras em minha vida, dando-me forças e sabedoria diariamente, para que eu possa crescer cada vez mais.

Ao meu pai Luiz, a minha mãe Luciana e ao meu irmão Luis Carlos, por toda confiança, compreensão e auxílio.

A minha Esposa Márcia Solidade, que esteve ao meu lado em todos os momentos que eu mais precisei, incentivando e me fortalecendo com suas palavras.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, por proporcionar um ambiente de conhecimento e de vivência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante todo o período de atividade.

A minha orientadora Profa. Dra. Ana Lícia Patriota Feliciano Marangon, pelo seu acolhimento, orientação, paciência e, principalmente, por sua confiança durante a minha jornada.

À Usina Trapiche S/A, por ceder as áreas de estudo e por todo apoio nas atividades de campo.

Ao Laboratório de Dendrologia e Carpoteca e ao Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeira, por conceder os materiais necessários para as análises.

Aos meus amigos Marcos Antônio das Chagas e Jackson Regis, por todo auxílio nas atividades em campo, diálogos, brincadeiras, incentivos e por toda a parceria desenvolvida.

Agradeço a todos e a todas que contribuíram com meu aprendizado e crescimento profissional e humano!!!

*Nenhuma disciplina parece ser motivo de alegria no momento, mas, sim, de tristeza.
Mais tarde, porém, produz fruto de justiça e paz para aqueles que por ela foram exercitados (Hebreus 12.11).*

SILVA, LUCAS BENEDITO. **Traços funcionais de ambientes ciliar e não ciliar em Mata Atlântica**. 2022. Orientadora: Ana Lícia Patriota Feliciano Marangon.

RESUMO

Os traços funcionais são características classificadas como morfológicas, fisiológicas ou fenológicas e que podem ser medidas. Estes possuem forte relação com os processos ecológicos e funcionamento das comunidades, bem como de ecossistemas, expondo feedbacks ao estado ambiental ou alterando características do meio. Esta pesquisa teve por objetivo analisar o comportamento estrutural dos traços funcionais de espécies arbóreas em área ciliar e não ciliar de Mata Atlântica, de modo a contribuir com uma abordagem ecológica funcional sobre diferentes contextos ambientais. Para esse fim, utilizou-se de seis traços funcionais: área foliar, espessura foliar, área foliar específica, teor de matéria seca foliar, composição foliar e altura máxima; três grupos ecológicos: pioneira, secundária inicial e secundária tardia; e seis variáveis de solo: potencial hidrogeniônico, fósforo, cálcio, magnésio, potássio e alumínio. Aplicou-se o teste Shapiro-Wilk para avaliar se os dados atendiam aos pressupostos estatísticos. Os traços funcionais foram submetidos à matriz de correlação pelo coeficiente de Spearman, em seguida, calculou-se o índice de plasticidade fenotípica para os traços funcionais entre ambientes. O teste de Friedman e Kruskal-Wallis foi utilizado para verificar se houve diferença entre valores dos traços funcionais entre ambientes, grupos ecológicos e as variáveis de solo. Foi realizada a análise de componentes principais, a qual possibilitou a realização de análises entre múltiplas variáveis de traços funcionais, grupos ecológicos e variáveis de solo. Aplicou-se a análise de escalonamento multidimensional não métrico para avaliar a distribuição dos níveis de nutrientes entre as áreas de estudo. O cálculo de diversidade funcional baseou-se nos estimadores: riqueza funcional, equitabilidade funcional, divergência funcional e dispersão funcional, o qual comparou o ambiente preservado ciliar ao não ciliar. A composição funcional entre as comunidades foi avaliada pela média ponderada de valores dos traços em nível de comunidade. Identificou-se que os ambientes divergem entre os traços funcionais, os traços por grupos ecológicos, entre os estimadores de diversidade funcional e também entre os níveis de nutrientes no solo. O ambiente ciliar apresentou maiores valores para os traços funcionais morfológicos, maior espaçamento entre indivíduos, maior uniformidade funcional e homogeneidade entre a abundância das espécies. O contexto ciliar favoreceu a plasticidade entre os traços funcionais. O ambiente não ciliar apresentou altos valores de divergência funcional e equitabilidade funcional, competitividade por uso dos recursos com alto investimento vertical e tendência de agrupamento de estratégias funcionais. A alta abundância de indivíduos pode estar influenciando a plasticidade nesta comunidade. As áreas divergem entre níveis nutricionais de solo, com baixos valores para todos os nutrientes nas áreas. As variáveis de solo por si só pouco contribuem para as modificações dos traços funcionais.

Palavras-chave: ecologia de comunidades, mata ciliar, diversidade funcional, divergência funcional, fertilidade do solo.

SILVA, LUCAS BENEDITO. **Functional traits of riviral and non-riviral environments in the atlantic forest.** 2022. Advisor: Ana Lícia Patriota Feliciano Marangon.

ABSTRACT

Functional traits are characteristics classified as morphological, physiological or phenological and that can be measured. These have a strong relationship with ecological processes and the functioning of communities, as well as ecosystems, exposing feedbacks to the environmental state or changing characteristics of the environment. This research aimed to analyze the structural behavior of the functional traits of tree species in riparian and non-riparian areas of the Atlantic Forest, in order to contribute to a functional ecological approach in different environmental contexts. For this purpose, six functional traits were used: leaf area, leaf thickness, specific leaf area, leaf dry matter content, leaf composition and maximum height; three ecological groups: pioneer, early secondary and late secondary; six soil variables: hydrogenic potential, phosphorus, calcium, magnesium, potassium and aluminum. The Shapiro-Wilk test was applied to assess whether the data meet the statistical assumptions. The functional traits were submitted to a correlation matrix by the Spearman coefficient, then the phenotypic plasticity index was calculated for the functional traits between environments. The Friedman and Kruskal-Wallis test was used to verify if there was a difference between the values of the functional traits between environments, ecological groups and soil variables. The analysis of principal components was carried out, which made it possible to carry out analyzes between multiple variables of functional traits, ecological groups and soil variables. Non-metric multidimensional scaling analysis was applied to assess the distribution of nutrient levels between the study areas. The functional diversity calculation was based on the estimators: functional richness, functional evenness, functional divergence and functional dispersion, which compared the preserved riparian and non-ciliary environments. Functional composition across communities was assessed by the weighted average of community-level trait values. It was identified that the environments diverge between the functional traits, the traits by ecological groups, between the estimators of functional diversity and also between the levels of nutrients in the soil. The riparian environment showed higher values for morphological functional traits, greater spacing between individuals, greater functional uniformity and homogeneity between the abundance of species. The ciliary context favored plasticity among the functional traits. The non-riparian environment presented high values of functional divergence and functional equitability, competitiveness for the use of resources with high vertical investment and a tendency to group functional strategies. The high abundance of individuals may be influencing the plasticity in this community. The areas diverge between nutrient levels of soil, with low values for all nutrients in the areas. Soil variables alone contribute little to changes in functional traits.

Key words: community ecology, riparian forest, functional diversity, functional divergence, soil fertility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do Município de Sirinhaém – PE.	28
Figura 2: Localização espacial das áreas de estudo, situada na Usina Trapiche S/A, Município de Sirinhaém, Pernambuco. Em que: área ciliar (AC); área não ciliar (ANC); distribuição das áreas na paisagem (A); ilustração do curso d'água e distribuição das parcelas no ambiente AC (B); e distribuição das parcelas no ambiente ANC (C).	30
Figura 3: Coleta e armazenamento das folhas nas áreas de estudo, localizadas na Usina Trapiche S/A, Município de Sirinhaém - PE. Em que: coleta de folhas (A), armazenamento em campo sob recipiente refrigerado (B, C) e armazenamento refrigerado após a coleta em campo (D).	35
Figura 4: Esquema de coleta da espessura média foliar, círculos em amarelo representam os pontos de medição da espessura foliar em mm.	36
Figura 5: Interface do software livre ImageJ, demonstrado o procedimento de medição de área foliar em folha composta. Em que: fita métrica utilizada como gabarito (A), disposição e seleção dos folíolos para realização dos cálculos (B) e quadro de resultados do cálculo de área (C).	37
Figura 6: Análise de componentes principais (gráfico, sumário e cargas) dos traços funcionais em relação aos grupos ecológicos referente ao ambiente área ciliar. Eixos de um a cinco da PCA (PC 1, PC 2, PC 3, PC 4, PC 5).	55
Figura 7: Análise de componentes principais (gráfico, sumário e cargas) dos traços funcionais em relação aos grupos ecológicos referente à área não ciliar. Eixos de um a cinco da PCA (PC 1, PC 2, PC 3, PC 4, PC 5).	56
Figura 8: Análise comparativa dos componentes químicos do solo entre os dois ambientes de estudo através do escalonamento multidimensional não métrico (NMDS). Áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE.	62
Figura 9: Relações entre os traços funcionais e os elementos químicos do solo referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, Município de Sirinhaém - PE. Em que: ambientes: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC); traços: área foliar (AF), área foliar específica (AFE), espessura foliar (EF), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura da árvore (ALT); e variáveis de solo: potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), cálcio (Ca ²⁺), magnésio (Mg ²⁺), potássio (K ⁺), alumínio (Al ³⁺).	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista de espécies referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, Município de Sirinhaém - PE. Sendo: ambientes: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC); grupos ecológicos (GE), pioneira (Pi), secundária inicial (Si), secundária tardia (St); e composição foliar (CF): folhas simples (1), folhas compostas (0).....	32
Tabela 2: Interpretação dos possíveis resultados da análise de correlação de acordo com Baba; Vaz; Costa (2014).	39
Tabela 3: Correlação entre os traços funcionais, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: área foliar (AF), espessura foliar (EF), área foliar específica (AFE), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura (ALT) e composição foliar (CF).	43
Tabela 4: Valores médios dos traços funcionais, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: grupos ecológicos (GE), secundária tardia (St), secundária inicial (Si), pioneira (Pi); área foliar (AF), espessura foliar (EF), área foliar específica (AFE), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura (ALT); e área ciliar (AC), área não ciliar (ANC).	45
Tabela 5: Distribuição dos maiores valores de plasticidade fenotípica para os traços funcionais, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: grupos ecológicos (GE), secundária tardia (St), secundária inicial (Si), pioneira (Pi); área foliar (AF), espessura foliar (EF), área foliar específica (AFE), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura (ALT); e área ciliar (AC), área não ciliar (ANC).....	49
Tabela 6: Estatística entre os traços funcionais, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC); área foliar (AF), espessura foliar (EF), área foliar específica (AFE), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura (ALT); e composição foliar (CF).	51
Tabela 7: Estatísticas entre os grupos ecológicos e traços funcionais, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: grupo ecológico: pioneira (Pi), secundária inicial (Si), secundária tardia (St); traços funcionais: área foliar (AF), espessura foliar (EF), área foliar específica (AFE), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura (ALT); e ambientes: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC).....	52

Tabela 8: Correlação de Spearman (ρ) entre os estimadores funcionais, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC), riqueza funcional (FRic), equabilidade funcional (FEve), divergência funcional (FDiv) e dispersão funcional (FDis).58

Tabela 9: Estimadores de diversidade funcional e média ponderada da comunidade, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC): riqueza funcional (FRic), equabilidade funcional (FEve), divergência funcional (FDiv), dispersão funcional (FDis); área foliar (AF), espessura foliar (EF), área foliar específica (AFE), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura (ALT); e composição foliar folhas simples (CF_0), composição foliar folhas compostas (CF_1).59

Tabela 10: Comparação estatística entre os componentes químicos do solo, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: variáveis de solo: potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e alumínio (Al^{3+}); e ambiente ciliar (AC), ambiente não ciliar (ANC).63

Tabela 11: Relações entre os traços funcionais e os elementos químicos do solo referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: ambientes: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC); traços funcionais: área foliar (AF), área foliar específica (AFE), espessura foliar (EF), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura da árvore (ALT); e variáveis de solo: potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), alumínio (Al^{3+}).65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	IMPORTÂNCIA DAS MATAS CILIARES.....	13
2.2	ECOLOGIA FUNCIONAL	15
2.3	ESTRATÉGIAS FUNCIONAIS	18
2.4	PLASTICIDADE ENTRE TRAÇOS.....	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	INFORMAÇÕES SOBRE O LOCAL DE ESTUDO	28
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
3.3	COLETA DE DADOS.....	30
3.4	DA SELEÇÃO DE ESPÉCIES.....	31
3.5	CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS.....	34
3.6	MENSURAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS	35
3.6.1	Espessura da folha.....	36
3.6.2	Área foliar:.....	37
3.6.3	Massa foliar	37
3.6.4	Análise do solo	38
3.6.5	Altura das árvores	38
3.7	ANÁLISE DOS DADOS	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	CORRELAÇÃO ENTRE TRAÇOS.....	43
4.2	PLASTICIDADE ENTRE TRAÇOS FUNCIONAIS.....	45
4.3	CONTRASTES QUANTO AO CONTEXTO BIÓTICO.....	51
4.4	O ABIÓTICO QUANTO AO COMPORTAMENTO ARBÓREO.....	54
4.5	ESTIMADORES DE DIVERSIDADE FUNCIONAL.....	58
4.6	FERTILIDADE DO SOLO ENTRE AMBIENTES E TRAÇOS FUNCIONAIS	62
5	CONCLUSÕES	68
6	REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A ecologia possibilita investigar diversos organismos, que abrangem os seres unicelulares e os multicelulares (fator biótico) e os seus relacionamentos com o ambiente em que vivem (fator abiótico). As interações entre as diferentes formas de vida e os fatores abióticos são essenciais para a diversificação e manutenção das comunidades ecológicas, influenciando diretamente sobre a abundância e a distribuição das espécies em um cenário de comunidade.

Os fatores bióticos estão associados a qualquer organismo vivo. Em destaque, a ecologia florestal evidência relações positivas e negativas entre indivíduos arbóreos e os fatores abióticos, tais como: área geográfica, solo, antropismo, luminosidade, umidade, altitude, entre outros (SILVA, 2016; SANTOS, 2020; SILVA, 2020). Esta relação se torna um campo de estudo referente à interferência do ambiente sobre as etapas de estabelecimento, manutenção, reprodução, dispersão, germinação, ou seja, os processos inerentes ao ciclo natural do organismo vegetal.

Em ambientes florestais, as espécies arbóreas, desde o seu ciclo pré-germinativo (formação das sementes e dispersão), são submetidas a diferentes pressões externas, as quais exigem habilidades que atendam a pontos da morfologia, da ecologia e, mais precisamente, sobre o comportamento do organismo, para que, assim, consigam se estabelecer e manter no ambiente.

O estabelecimento de espécies florestais, em outros termos, “montagem de comunidades”, reporta-se à teoria com ênfase em processos determinísticos (nicho), que trazem referência ao estudo do processo de organização em padrões de espécies e, respectivamente, suas quantidades na comunidade. Estes processos são moldados por meios de fatores construtores, como as condições bióticas e abióticas (CORNWELL; ACKERLY, 2009).

O processo de evolução de uma comunidade florestal ocasiona a formação de variáveis abióticas, estas que influenciarão a seleção e a distribuição das espécies (DEXTER et al. 2018). A partir deste contexto, evidencia-se a importância do estudo das espécies florestais referente aos processos ecológicos, à diversidade de espécies, às estratégias de aquisição de recursos, bem como outras características adaptativas ao meio abiótico, o qual compreende-se como a diversidade funcional.

Os distintos padrões de sobrevivência estão relacionados ao potencial de aquisição de recursos, em que os traços funcionais apresentam uma variação de respostas influenciadas por meio da disponibilidade do recurso local, podendo citar água, luz, nutrição do solo, dentre outros (OTTAVIANI et al., 2019).

Neste cenário, os recursos, como água e luz, são muito importantes e imprescindíveis para a formação da comunidade florestal, em conjunto, o solo é um recurso em processo evolutivo sob influência da disponibilidade da água, da forma do relevo e da matéria sobre si. Sendo a qualidade do solo um forte recurso influenciador na diversidade de espécies e em sua distribuição na comunidade (SILVA, 2020).

A formação de comunidades florestais está amparada sobre um amplo conjunto de fatores que não podem ser determinados apenas por parâmetros verticais e horizontais, mas reunindo o máximo de variáveis, dentre elas as funcionais, onde o seu conhecimento e a compreensão de suas respostas à variação dos recursos contribuem para o entendimento da formação e organização das comunidades florestais (LETCHER et al., 2015; CADOTTE et al., 2019).

Portanto, a avaliação de traços funcionais sob diferentes contextos de sítio proporcionará um banco de dados, com potencial para contribuir sobre o entendimento do comportamento vegetal em diferentes condições ambientais, em termos de processos envolvidos na montagem de comunidades, auxiliando pesquisas com foco em ecologia funcional de espécies florestais.

O discernimento sobre as interações bióticas e abióticas, em termos de processos envolvidos na montagem de comunidades, não contribui apenas para o entendimento da estrutura e dinâmica das comunidades, mas também para a conservação das espécies de plantas, polinizadores e dos processos ecológicos nos quais estão envolvidos.

Pela relevância da diversidade funcional de espécies florestais arbóreas em comunidades e os fatores bióticos e abióticos inerentes, formulou-se as seguintes hipóteses: i) A presença de corpos hídricos dentro do ambiente florestal influencia a ocorrência de traços foliares de maior dimensão morfológica? ii) A fertilidade do solo é filtro na adaptabilidade da morfologia de traços funcionais em ambientes de maior abundância de recursos hídricos? iii) Ambiente conservado não ciliar apresenta maior divergência funcional devido à maior competição por recursos, consequentemente, maior dissimilaridade entre os traços funcionais?

À vista desta temática, este trabalho teve por objetivo analisar o comportamento estrutural dos traços funcionais de espécies arbóreas em área ciliar e não ciliar de Mata Atlântica, de modo a contribuir com uma abordagem ecológica funcional sobre diferentes situações ambientais. E como objetivos específicos: conhecer a florística das espécies adultas arbóreas das áreas em avaliação, classificando-as em grupos ecológicos; descrever os traços funcionais de espécies arbóreas em áreas em estado de conservação em Mata Atlântica sob diferentes ambientes; avaliar a plasticidade dos traços funcionais de espécies arbóreas; analisar a dissimilaridade funcional entre os grupos ecológicos; e avaliar a influência nutricional do solo sobre os traços funcionais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DAS MATAS CILIARES

A mata ciliar é um componente de ampla plasticidade de espécies vegetais adaptadas a áreas úmidas, bem como encharcadas, independentes do regime que se encontram, o rio ou o lençol freático, com indivíduos arbóreos dispostos à margem e ao longo dos corpos hídricos, como também de nascentes, aos quais são dependentes das condições ambientais locais, cujos fatores, como histórico de antropização, profundidade do lençol freático e a sazonalidade de inundações, influenciam a distribuição das espécies (MENEZES; ARAÚJO, 2005; MARTINS, 2014).

De acordo com Ferreira e Dias (2004), as matas ciliares podem ser denominadas de floresta ciliar, floresta de galeria, veredas, mata de várzea, vegetação ripária, mata aluvial, entre outras denominações.

Conforme a Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, conhecida como novo Código Florestal Brasileiro, em seu artigo 3º, inciso II, trata que as matas ciliares são consideradas áreas de preservação permanente (APP) e estão definidas como áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Sendo a APP delimitada por faixas que variam de 30 a 500 metros de largura (BRASIL, 2012).

As matas ciliares são importantes para a biodiversidade ecológica, por razão dos benefícios que esta formação florestal apresenta, no que se refere à proteção dos recursos bióticos e abióticos, tornando um nicho essencial para a biodiversidade. Segundo Duque (2020), as matas ciliares desempenham serviços ecossistêmicos com funções de regulação, habitat, produção e informação.

Entre as funcionalidades relacionadas às matas ciliares, citam-se: a manutenção do fluxo e qualidade dos corpos hídricos, por serem filtros retentores de nutrientes, assim como de poluentes, que contribuem para a recarga e manutenção hídrica subterrânea; estabilizam as margens do curso d'água por meio das raízes; reduzem processos erosivos que contribuem para o empobrecimento dos solos e assoreamento dos corpos d'água; atuam como refúgio de biodiversidade; são

relevantes para criação de corredores ecológicos, conectando os fragmentos florestais, aumentando o fluxo gênico e resultando em maior riqueza genética; além de contribuir para a regulação climática, dentre outras funcionalidades (APARECIDO et al., 2016; MELLO et al., 2017; DÍAZ-PASCACIO et al., 2018; DUQUE, 2020).

A presença da vegetação ciliar é fator muito importante para a qualidade dos rios. A remoção da vegetação, ou até mesmo a sua redução, poderá alavancar o assoreamento, que é mitigado por ação do sistema radicular, além disso, parte do carbono presente na rede alimentar da fauna aquática advém dos nutrientes presentes na vegetação ciliar (serrapilheira), além de atuar sobre o índice de luminosidade incidente aos corpos hídricos, o qual mantém a temperatura da água para a sobrevivência e manutenção da fauna aquática (CHAVES, 2009; MEDEIROS, 2012; DYBALA et al., 2019; TURUNEN et al., 2019).

A vegetação ciliar, através do sistema radicular, tem a funcionalidade de atuar na filtragem de poluentes, pesticidas agrícolas e sedimentos oriundos de processos erosivos, impedindo ou reduzindo a velocidade e a quantidade destes de chegarem aos cursos d'água, atuando como barreiras protetoras, influenciando características físicas, químicas e biológicas dos corpos d'água e, conseqüentemente, em sua qualidade (RICARDO, 2008; LIMA, 2010; 2012).

Ações antrópicas são causas que condicionam as matas ciliares ao estado de degradação desde o período da colonização, devido às suas características favoráveis ao estabelecimento e manutenção das civilizações, por meio da especulação imobiliária, da extração de areia, da retirada de madeira, da conversão da vegetação ciliar para introdução da pastagem e agricultura, dentre outras (OLIVEIRA et al., 2018).

Respostas ao processo histórico de ocupação e da expansão produtiva, atreladas às atividades econômicas oriundas de uma gestão irregular de uso e ocupação do solo, desencadeiam problemas, como inundação, poluição, doenças, alterações da paisagem, entre outros (OLIVEIRA et al., 2018; SILVA et al., 2018; KUTZMY, et al., 2019; LACERDA; BARBOSA, 2020).

A variação hidrológica em áreas de mata ciliar é fator fundamental para a distribuição e riqueza de espécies, além de influenciar sobre a estrutura dos indivíduos (DUQUE, 2020). De acordo com Duque (2020), matas ciliares não inundáveis apresentam maior diversidade de espécies em relação às áreas ciliares que apresentam estado de inundação, em contrapartida, Magnago et al. (2013) trata

que as florestas ciliares inundáveis são compostas por indivíduos arbóreos de maior altura do dossel e área basal, entretanto, menor diversidade de espécies.

É relevante tratar sobre a influência das áreas agrícolas próximas às matas ciliares, as quais são fontes de contaminação devido ao uso de herbicidas e outros agroquímicos (BRITO et al., 2012), além do mais, períodos de elevada precipitação tornam o ambiente propício para o carreamento do solo, levando consigo matéria orgânica e insumos agrícolas, depositando-os nos corpos hídricos, proporcionando aos rios o estado de contaminado, resultando em distúrbios na qualidade da água e, conseqüentemente, prejudicando a fauna e a flora (ROSA, 2011).

2.2 ECOLOGIA FUNCIONAL

A ecologia vegetal objetiva compreender o funcionamento do sistema ecológico, mediante as relações entre os organismos vegetais e os ambientes ao qual estão inseridos, através dos processos responsáveis pelos modelos de diversidade, podendo citar a distribuição, abundância, composição e as relações de convivência (ALBERTI et al., 2017; PIERCE et al., 2017; SOBOLESKI et al., 2017; SU et al., 2018), em que a diversidade e o bom funcionamento dos ecossistemas se tornam um elo primordial para a base de dados de ecologia.

Referente ao amplo campo de pesquisa da ecologia vegetal, encontra-se a ecologia funcional, que se trata dos estudos relacionados à utilização dos atributos funcionais aplicados aos diferentes níveis de organização biológica a respeito de comunidades e ecossistemas (SHIPLEY et al. 2016), visando compreender a abundância e a ocorrência de espécies, por meio das estratégias ecológicas e das características funcionais, concedendo vantagens, como a inferência de processos através de padrões funcionais e a generalização em razão da possibilidade de associar padrões ambientais às estratégias dominantes na comunidade (PARMIGIANI, 2018).

Características funcionais são atributos morfo-fisio-fenológicos que possuem a capacidade de afetar o desempenho de indivíduos, como o crescimento, a reprodução e a sobrevivência em relação às alterações ambientais (VIOLLE et al., 2007). Em comunidades florestais, estudos demonstram que fatores bióticos atuam conjuntamente aos processos ecossistêmicos, ou seja, ambos são cooperantes, proporcionando a concordância de que as características funcionais possuem

funções essenciais para a formação das comunidades e a manutenção dos processos ecológicos (SETUBAL et al., 2020).

Em concordância ao raciocínio, Lebrija-Trejos et al., (2010); Pérez-Harguindeguy et al. (2013), dentre outros autores, manifestam o interesse sobre o entendimento das condições abióticas sobre fatores bióticos e sua conexão com os processos ecológicos e a formação das comunidades. De acordo com Keddy (2007) os processos associados à montagem de comunidades apresentam importâncias distintas ao considerar diferentes gradientes ambientais.

A dessemelhança entre os distintos gradientes é resultante dos fatores bióticos e abióticos, que proporcionam interações de forte influência no estado da comunidade, positiva ou negativamente, sobre os indivíduos que a completam. Fatores abióticos podem desempenhar funções de filtros ambientais, que influenciam o estabelecimento de espécies ao meio, impondo uma série de restrições, resultando na seleção natural e preservando as que possuem ou, por estresse ambiental, desenvolveram características específicas necessárias à manutenção da espécie no ambiente (SCARANO et al., 2002; KRAFT et al. 2015).

Em contra partida, os fatores bióticos são intrínsecos aos seres vivos, podendo resultar em interações positivas ou negativas. Positivamente, tem-se o processo de facilitação, que possibilita aos organismos ocupar e se estabelecer em locais de grande pressão ambiental (BRUNO et al., 2003). De forma negativa, a competição é uma interação inerente à sobreposição de nicho através de espécies com estratégias similares, resultando em competição por recursos semelhantes, podendo também ocasionar a exclusão de espécies na comunidade (GAUSE, 1934).

Em estudos de base taxonômica e florística, a variação de espécies é o objeto de avaliação da riqueza e da diversidade, sendo esta amplamente utilizada para avaliação da diversidade ecológica, proporcionando, por consequência, a equivalência funcional por desconsiderar as peculiaridades, pois cada indivíduo desempenha funções distintas em diferentes contextos (GAGIC et al., 2015; ROSENFELD; MÜLLER, 2020).

Conforme a função do indivíduo no meio em que vive, o seu estudo oportuniza o entendimento referente as suas peculiaridades morfológicas, ecológicas e comportamentais, gerando dados que viabilizam quantificar os atributos funcionais dentro de uma comunidade (CALAÇA; GRELE, 2016).

Diversidade funcional, de acordo com Días e Cabido (2001), é compreendida por ser o valor e a amplitude dos atributos que influenciam o funcionamento do ecossistema, possibilitando a realização de diferentes funções pelas espécies, bem como diversas contribuições para as relações de diversidade e funcionamento do ecossistema.

Conforme Tilman (2001), a diversidade funcional é definida como o valor e a variação das espécies e de suas características que influenciam o funcionamento das comunidades. O seu estudo tem por fim conhecer a amplitude das características funcionais que promove os processos ecológicos dentro da comunidade (SILVA, 2016), sendo a diversidade dos traços funcionais o objeto de pesquisa da diversidade funcional, associando uma comunidade biologicamente diversa ao funcionamento ecológico (NOCK et al., 2016).

A diversidade funcional atende à heterogeneidade entre espécies, frente a um cenário de estudos e metodologias, que viabilizam a equivalência funcional, onde os processos e as características funcionais entre espécies dentro de um ecossistema são mais adequados para a compreensão dos múltiplos processos ecológicos em uma comunidade (TILMAN, 2001).

O termo diversidade funcional abrange uma multidimensionalidade no que tange o funcionamento dos ecossistemas e a distribuição das espécies na comunidade. Como auxílio para a análise da pluralidade dos variados objetos de estudo, componentes como dispersão funcional (FDis), divergência funcional (FDiv), riqueza funcional (FRic) e equitabilidade funcional (FEve) contribuem para o entendimento da diversidade de respostas referentes ao reflexo do abiótico sobre o biótico e também do contrário (LALIBERTÉ; LEGENDRE, 2010).

A multidimensionalidade funcional diz respeito ao conjunto de possibilidades de traços funcionais que compõe uma comunidade ecológica, na qual cada espécie possui um conjunto de traços funcionais (VILLÉGER et al., 2008). Estas características podem ser específicas da espécie ou serem desenvolvidas por influência do estado do ambiente.

A dispersão funcional (FDis) é a medida da distância média de cada espécie no espaço funcional em relação ao centroide de todas as outras espécies presentes na comunidade (LALIBERTE; LEGENDRE, 2010). A Divergência funcional (FDiv), por sua vez, é a distância das altas abundâncias das espécies do centro do espaço funcional, ou seja, estima a irregularidade ou diferença da distância entre as

abundâncias das espécies referente ao centro do espaço funcional na comunidade, resultando na maximização da divergência entre atributos funcionais (MASON et al., 2005; VILLÉGER et al., 2008; MOUCHET et al., 2010; GARNIER et al., 2016).

Já a riqueza funcional (FRic) é a representação de quanto do espaço funcional é ocupado pelos indivíduos, levando em consideração a presença e ausência de traços funcionais (MOUCHET et al., 2010), sendo assim, estima a quantidade do espaço funcional preenchido pelas espécies (DIAS, 2020). E a equitabilidade funcional (FEve) é o quão regularmente a abundância está distribuída no espaço funcional (MASON et al., 2005; VILLÉGER et al., 2008).

Segundo Guo et al. (2019), a influência dos fatores ambientais, no tocante ao estado das comunidades vegetais, e os efeitos da biodiversidade sobre processos ecológicos podem e vêm sendo avaliados por meio das características funcionais. Entretanto, ainda há muito o que se conhecer a respeito da influência da diversidade funcional no cenário dos processos ecológicos, tornando-se importante saber mais a respeito das funções ecológicas das comunidades frente aos efeitos da diversidade funcional (SETUBAL et al., 2020).

2.3 ESTRATÉGIAS FUNCIONAIS

Os processos, os serviços ecossistêmicos, a coexistência entre espécies e sua persistência às pressões ambientais podem ser avaliadas quanto ao conjunto de estratégias ecológicas, à composição funcional e, mais especificamente, aos traços funcionais, certo que o *input* e *output* de espécies geram impactos significativos na comunidade devido as suas especificidades (FILSTRUP et al., 2014; MARACAHIPES et al., 2018).

Os traços funcionais são características classificadas como morfológicas, fisiológicas ou fenológicas e que podem ser medidas (PETCHEY et al., 2007; VIOLLE et al., 2007). Os traços funcionais possuem forte relação com os processos ecológicos e com o funcionamento das comunidades, como também de ecossistemas, expondo *feedbacks* ao estado ambiental ou alterando propriedades do meio (LAVOREL, 2013; NOCK et al., 2016; DUFFY et al., 2017). De acordo com Reiss et al. (2009), o funcionamento dos ecossistemas é resposta ao conjunto dos diversos processos ecológicos, tais como fluxo de energia e matéria, os quais sustentam o ecossistema.

O desenvolvimento de estudos com abordagens relacionadas aos traços funcionais confere a oportunidade de construção de bancos de dados globais referente à grande quantidade de estruturas funcionais de espécies florestais, analisá-las conjuntamente aos dados do meio abiótico ampliará a possibilidade de resultados mais sólidos quanto à coexistência das espécies, adaptabilidade e variação dos traços funcionais aos ambientes físicos, químicos e biológicos, possibilitando novas perspectivas ecológicas (NOCK et al., 2016; MISSIO et al., 2017; LEUSCHNER; MEIER, 2018; OLIVEIRA et al., 2019).

O estudo dos traços funcionais se tornam relevantes ao passo que estes atuam de forma plástica às pressões exercidas pelos diferentes filtros ambientais, esta característica justifica o estabelecimento e a sobrevivência dos organismos vegetais às condições abióticas adversas, bem como a sua natureza (VIOLLE et al., 2007; MITCHELL; BAKKER, 2014; ZORGER et al., 2019), pois a pressão abiótica imposta sobre o vegetal induz o mesmo à manifestação de fenótipos adaptados, entretanto, as variações nos traços funcionais se sujeitam à espécie e aos filtros ambientais (FALCÃO et al., 2015; LÁZARO-NOGAL et al., 2015).

Em uma comunidade florestal, um filtro ambiental induz a variação de diferentes traços, não sendo programático o efeito de um determinado filtro ambiental sobre um traço específico, sendo a espécie um fator determinante ao fenótipo variante. Em conformidade, Salazar et al. (2018) trata que as populações vegetais modificam o tipo de expressão de seus traços foliares com objetivo de se tornarem mais adaptadas ao ambiente.

Cabe compreender que os traços funcionais possuem como principais variáveis as quantitativas, sendo estas de fácil reconhecimento de padrões e de formulação de previsões (BRASIL; HUSZAR 2011; JAGER et al. 2015). Avaliar os fatores abióticos de forma conjunta com os traços funcionais, mediante associações consolidadas e previsíveis, poderá fornecer uma discriminação de dados ambientais, o que é desejado, tornando-se uma linha de pesquisa muito significativa para os estudos ecológicos (LEUSCHNER; MEIER, 2018; MAO et al., 2020).

Em uma comunidade florestal, uma variável ambiental pode exigir mais de um traço funcional do que de outro, o desbalanço entre exigências proporcionará o desequilíbrio entre traços, podendo afetar a presença e ausência tanto do traço como do organismo, resultando na heterogeneidade entre comunidades, pois altera

o gradiente ambiental de seleção, devendo sempre ser observado o histórico evolutivo que inclui os *Trade-offs* (STEARNS, 1989).

Os traços funcionais viabilizam avaliar e compreender a diversidade de estruturas do indivíduo vegetal e seu posicionamento na comunidade mediante exigências do meio abiótico, como exemplo tem-se a disponibilidade de recursos, a qual implica na sobrevivência, crescimento e reprodução dos componentes vegetais (VIOLLE et al., 2007; PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).

O ambiente exige das espécies especificidades para o seu estabelecimento e manutenção. A composição dos traços presente na comunidade e a sua distribuição é reflexo de respostas às propriedades do ambiente em função do benefício do organismo (WEBB et al., 2010). Esta resposta ao ambiente permite o entendimento sobre os processos que sustentam os padrões de diversidade em diferentes níveis (MASON; FRENCH, 2007; COOK-PATTON; BAUERLE, 2012), como a dissimilaridade na composição de espécies e a alteração de características morfológicas, fisiologias e fenológicas em diferentes sítios.

Estudos já demonstram que traços funcionais, através de seus atributos funcionais, possibilitam caracterizar o desempenho ecofisiológico de espécies arbóreas (MORRIS, 2018; SANTOS, 2020; SILVA, 2020). Vale destacar a diferença entre traço funcional e atributo funcional, onde o primeiro é a característica, que pode ser morfologia, fenológica e fisiológica, o qual é possível realizar medições (VIOLLE et al., 2007); o segundo é o valor que um determinado traço funcional expressa sobre um contexto ambiental e tempo (LAVOREL et al., 1997).

Ao realizar avaliações funcionais a respeito dos organismos arbóreos, é possível obter várias características, classificadas em: foliares, reprodutivas, de crescimento, de arquitetura, de raiz, entre outras. Estas classificações também podem ser denominadas de grupos funcionais, isto é, uma classe à qual irá comportar um conjunto de traços funcionais correlatos (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).

No âmbito da avaliação intraespecífica, os traços funcionais foliares apresentam uma maior variação, em razão de atuarem no controle do equilíbrio entre absorção e perda de água, estes diretamente relacionados às condições abióticas, como temperatura, disponibilidade de recursos hídricos no ambiente, dentre outros (FERNANDES, 2018; GUERRA et al., 2018).

De acordo com Leigh et al. (2012); Mclean et al. (2014), de modo a evitar a desidratação e consequentes danos resultantes das altas temperaturas, as espécies florestais de forma plástica desenvolvem folhas de menor área foliar, maior espessura e densidade foliar. Torna-se significativo também entender que folhas com maior conteúdo de matéria seca resultam em maior resistência, ocasionando vantagens em relação à sobrevivência (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al. 2013). Ao tratar do grupo de traços funcionais foliares no âmbito morfológico, destacam-se:

Área foliar (AF) – refere-se ao tamanho da superfície de captura de luminosidade, estando relacionado com a aquisição de recursos (CORNELISSEN et al., 2003; MOLES, 2018);

Área foliar específica (AFE) – atua como indicador da taxa de crescimento relativo da planta, garantindo maior captação e eficiência do uso dos recursos por unidade de massa foliar, além de que folhas com altas taxa de área foliar específica tendem a comportar maiores concentrações de nitrogênio foliar, importante para a fotossíntese (GARNIER; POORTER, 2007; POORTER et al., 2009; PÉREZ-HARGUINDEGUT et al., 2013), De acordo com Fernandes (2018), a área foliar específica tem sido associada à disponibilidade de recursos do solo e à precipitação.

Conteúdo de matéria seca foliar (CMSF) – reflete a resistência física, assim como a dureza foliar, frente a danos físicos e herbívoros, a redução da perda hídrica, tornando uma vantagem de sobrevivência (PÉREZ-HARGUINDEGUT et al., 2013); e

Espessura foliar (EF) – possui relação com o potencial hídrico, com a proteção da folha contra radiação e altas temperaturas, além da assimilação de carbono pelas plantas (CIANCIARUSO et al., 2012; LEIGHT et al., 2012).

Em relação às estratégias de produtividade, tem-se a taxa de crescimento relativo, fortemente relacionada com a variação das condições ambientais e que compõe o grupo dos traços de crescimento, que é constituído também por: altura máxima potencial e densidade da madeira (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).

Entre os grupos funcionais, tem-se como exemplo o grupo dos reprodutivos, que apresentam os seguintes traços funcionais: a forma de dispersão, a massa da semente, a polinização, o tamanho e o tipo do fruto; e o grupo vinculado à raiz, que pode ser analisado por meio do comprimento e da densidade da raiz (PEREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013), dentre estes, ainda existem outros traços funcionais vinculados a vários grupos. Vale salientar que os traços funcionais de indivíduos

vegetais possuem a capacidade de fornecer informações pertinentes ao *fitness*, ao ambiente e a sua distribuição no contexto da comunidade (LAUGHLIN, 2014).

Ressalta-se que os traços funcionais proporcionam a realização de análises sobre os diferentes níveis de organização, podendo ser desde indivíduos, comunidades e ecossistemas (GARNIER et al., 2016). Os níveis de avaliação fornecem a possibilidade da plasticidade nos estudos. Ao analisar a nível de indivíduo, é possível inferir a nível de comunidade e ou ecossistema, pois há conectividade em cadeia, sendo utilizadas medidas que retratam a composição e a diversidade funcional (ROSENFELD; MÜLLER, 2020).

Como medidas de diversidade funcional, são aplicados os valores médios ponderados na comunidade (*community weighted mean traits – CWM*) (GARNIER et al., 2004), nos quais são realizadas ponderações pela abundância das espécies, tendo como resultado a dominância do atributo na comunidade (ROSENFELD; MÜLLER, 2020). Pode-se também utilizar os índices de diversidade funcional (*functional diversity – FD*), nos quais é possível obter resultados referentes à amplitude da variabilidade dos atributos, como: riqueza funcional (FRic), equitabilidade funcional (FEve), divergência funcional (FDiv) e dissimilaridade funcional (FDis) (MASON et al., 2005; RICOTTA; MORETTI, 2011).

2.4 PLASTICIDADE ENTRE TRAÇOS

Ambientes com abundância em recursos hidrológicos atuam de modo a influenciar nas concentrações de umidade local, propiciando maiores quantidades destes recursos para as espécies vegetais, entretanto, alteram a distribuição nutricional do solo, modificando a disponibilidade de minerais (CARDOSO et al., 2011; BASTOS et al., 2019). Tais ocorrências contribuem para uma maior heterogeneidade de espécies, pois diferentes espécies possuem capacidades de responder e adaptar-se a condições diversas, as quais podem alterar suas estratégias com fim de se ajustarem ao meio em que se encontram (LÁZARO-NOGAL et al., 2015).

Variações ambientais proporcionam às espécies vegetais ajustes tanto na fisiologia como na morfologia, desempenhando funções distintas no estabelecimento e manutenção dos vegetais (GRATANI, 2014), estas modificações ocorrem de modo a compensar a variação ambiental que proporciona desvantagem ao seu

desempenho, todo este processo que se liga ao ajuste morfofisiológico é denominado de aclimação (ROZENDAAL et al., 2006).

Segundo os autores Sultan (2004), Nicotra et al. (2010), Mclean et al. (2014) e Lázaro-Nogal et al. (2015), o processo de aclimação é composto por um fenômeno denominado de plasticidade fenotípica, que oportuniza a expressão de fenótipos mais robustos frente a determinadas condições ambientais estressantes, permitindo o estabelecimento e a sobrevivência dos organismos vegetais, além de proporcionar vantagens no âmbito da competição e até para o manejo de nichos antes não utilizados (GUZMÁN et al., 2013).

A plasticidade fenotípica é conhecida como a variação entre indivíduos de uma mesma espécie, podendo ser definida como alterações fisiológicas e morfológicas desencadeadas por meio de mudanças às condições ambientais que modificam a possibilidade de sobrevivência positivamente e aumentam a distribuição geográfica da espécie (ALBERT et al., 2011; GRATANI, 2014).

Variações ambientais, como precipitação, temperatura, fertilidade do solo, entre outros, são capazes de atuar conjuntamente sobre o desempenho de espécies de ampla distribuição na comunidade, estas espécies se sobressaem às pressões locais por meio de estratégias que envolvem a modificação de suas estruturas (MCLEAN et al., 2014; LÁZARO-NOGAL et al., 2015; LANG et al., 2019).

A heterogeneidade de fatores ambientais dentro da comunidade florestal pode ser prejudicial para algumas espécies, contudo, as altamente plásticas se beneficiam devido a sua velocidade de resposta às mudanças ambientais, como também antrópicas, alterando as estratégias ecológicas e seus traços funcionais, como, por exemplo, os traços foliares, com o objetivo de obter melhor desempenho na captação e utilização dos recursos, garantindo às espécies vegetais persistirem às mais variadas condições ambientais (MCLEAN et al., 2014; RIBEIRO-NETO et al., 2016; MARACAHIPES et al., 2018; SALAZAR et al., 2018; ZORGER et al., 2019).

De acordo com Araújo (2021), o estudo de diferentes ambientes sobre o desempenho plástico das plantas propicia o entendimento dos fatores intrínsecos na estruturação e na distribuição das espécies no contexto de comunidade florestal.

A capacidade plástica auxilia as modificações morfofisiológicas dos atributos das espécies vegetais, atuando como resposta às demandas ambientais. E a sua eficiência ocorre conforme os fatores ambientais e ecológicos atuam a respeito do

organismo e sobre a comunidade, determinando o custo-benefício das respostas plásticas (BASTOS et al., 2019).

A atuação dos fatores ambientais em meio a uma determinada comunidade torna dinâmica a expressão plástica dentro de uma mesma espécie. Dependendo do tipo e do nível de ocorrência do fator ambiental, diferentes respostas, intensidades e formas podem ser obtidas ao se avaliar traços funcionais, mesmo que os organismos vegetais estejam sob o igual ambiente (CALLAWAY et al., 2003).

O contexto da comunidade confere condições para a variabilidade dos traços funcionais, possibilitando aos vegetais superar filtros ecológicos, como a disponibilidade de água, luz e nutrientes no solo (FALCÃO et al., 2015; FERREIRA et al., 2016). De forma singular, uma espécie pode expressar respostas distintas em uma mesma comunidade, diferentes níveis de intensidade do fator ambiental podem ocasionar o surgimento da dissimilaridade dos traços de uma mesma espécie, em que o grau de plasticidade irá obedecer ao grau de intensidade da condição ambiental local (VITARELLI, 2008).

Tratando-se de expressão plástica foliar, Dostál et al. (2017) se refere aos traços foliares como fundamentais para a compreensão do comportamento plástico frente aos fatores ambientais. Ribeiro et al. (2015) trata que estes expressam e variam na comunidade como reflexo do histórico de vida do organismo, o qual é construído de modo a responder aos distúrbios ambientais. Monteiro et al. (2005) menciona os traços funcionais foliares como relevantes medidores da plasticidade, por possuir alta variabilidade frente a sua capacidade fotossintetizante, pois detém em si os mecanismos necessários para esta função essencial a todo vegetal.

No tocante aos traços foliares, são identificáveis modificações no pecíolo, na largura e no comprimento, onde folhas mais estreitas e alongadas garantem uma maior resistência, a exemplo, o fenômeno de correntezas em áreas em processo de inundação, tornando as folhas mais hidrodinâmicas, reduzindo a porcentagem de perda foliar (VITARELLI, 2008).

A respeito dos diferentes traços foliares, menciona-se a área foliar (AF), que se relaciona com a superfície de captação de luz (CORNELISSEN et al., 2003), a área foliar específica (AFE), utilizada como parâmetro da taxa de crescimento relativo do organismo vegetal, que está ligado diretamente às estratégias de aclimação, relacionando-se à captação e eficiência no uso dos recursos, como exemplos, tem-se: a alocação de substâncias para fotossíntese (POORTER et al.,

2009) e o teor de matéria seca foliar (TMSF), este último envolvido com a resistência contra danos físicos e de herbívoros (PEREZ- HARGUINDEGUY et al., 2013).

Em relação ao conjunto de traços funcionais foliares, a AF, EF, AFE e TMSF são os mais comumente avaliados. Entre populações e mediante o contexto ambiental, esses traços podem se modificar a fim de proporcionar um melhor estabelecimento para o vegetal, permitindo melhores condições para competição, logo, busca adaptar o vegetal ao meio (SALAZAR et al., 2018).

Os contrastes expressos pelos traços foliares são respostas de sobrevivência às modificações ambientais, alterações como a disponibilidade e a competição por recursos, luminosidade e influência antrópica são exemplos que ocasionam as variações intraespecíficas aos traços foliares, os quais irão permitir ao organismo vegetal o estado de sobrevivência, estabelecimento e manutenção sob condições adversas (OLIVEIRA et al., 2019). A plasticidade dos traços funcionais são exemplos visíveis de estratégias de adequação do organismo ao ambiente, beneficiando o seu desenvolvimento e manutenção na comunidade (DÍAZ et al., 1998; AGRAWAL; FISHBEIN, 2006).

A adaptabilidade das espécies condicionada por meio da disponibilidade de elementos essenciais à sobrevivência do organismo vegetal se relaciona à hipótese de equilíbrio funcional da alocação de biomassa abordada por Brouwer (1963), o qual trata sobre a influência da disposição dos recursos no ambiente em função da distribuição destes aos traços funcionais. Ou seja, a disposição e alocação no organismo vegetal é influenciado através do contexto de localização do fator limitante no ambiente, sendo este necessário para o pleno desenvolvimento do vegetal.

De acordo com Brouwer (1963), quando o fator limitante está acima do solo (luz e dióxido de carbono), a espécie vegetal tende a investir mais nas estruturas disponíveis acima do solo. Em contrapartida, o estresse resultante da falta de recursos no solo ocasiona maior desenvolvimento das estruturas radiculares, com o fim de obtenção de elementos essenciais, os quais podem ser nutrientes e água. Além do mais, pode ocorrer uma distribuição de nutrientes similares entre as estruturas acima e abaixo do solo quando o fator limitante se encontra em ambos os contextos (BLOOM et al., 1985). A hipótese de “equilíbrio funcional da alocação de biomassa” retrata as estratégias aquisitivas e conservativas de obtenção dos recursos pelos vegetais.

De acordo com Wright et al. (2004), as espécies vegetais que manifestam a estratégia aquisitiva se beneficiam de ambientes de alta disponibilidade de nutrientes e água no solo para suportar seu crescimento acelerado. Estas espécies apresentam adaptações visíveis em suas estruturas, podendo citar: folhas de curta duração, maior área foliar, baixo investimento em massa seca por área, baixo custo de investimento e alto teor de nitrogênio. Estas características proporcionam maiores taxas fotossintéticas e de respiração, além de serem espécies de rápido crescimento e baixa densidade da madeira (CORNELISSEN et al., 2003; DONOVAN et al., 2011; READ et al., 2014; LOHBECK et al., 2015; FERNANDES, 2018).

Entretanto, em solos de menor disponibilidade nutricional, ocorre a predominância de espécies que manifestam a estratégia conservativa (Wright et al., 2004). Espécies conservativas exteriorizam traços funcionais foliares de crescimento lento, longa duração e com alto investimento em massa seca, além de menor área foliar específica, menores taxas fotossintéticas e de respiração e baixo teor de nitrogênio. Portanto, folhas de alto custo e mais resistentes a danos físicos e herbívoros (DONOVAN et al., 2011; PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013; LOHBECK et al., 2015).

A composição do solo é um forte fator abiótico influenciador da plasticidade dos vegetais. O solo é composto por água, ar, minerais e organismos vivos, todos estes em constante interação (MILLER JUNIOR, 2007). O desempenho dos organismos vegetais e, respectivamente, de seus traços funcionais se relacionam com o solo, especificamente a sua fertilidade e a disponibilidade hídrica (LIU et al., 2012; MIATTO, 2016).

A fertilidade e a disponibilidade hídrica são filtros ambientais que condicionam as espécies arbóreas plasticamente, alterando funções fisiológicas e morfológicas essenciais, além de controlar a composição das espécies no contexto da comunidade florestal (ZUQUIM et al., 2014; MOLES, 2018; SOUZA, 2018; LANG et al., 2019). Em comunidades florestais, a heterogeneidade na disponibilidade de elementos essenciais no solo é fator existente no que se refere à proporcionalidade do ambiente. Esta condição viabiliza o investimento em diferentes estratégias a nível de traços funcionais, resultando na dissimilaridade entre comunidades (SOBOLESKI et al., 2017).

Em relação à influência do solo sobre a plasticidade dos vegetais, é relevante tratar a respeito da sua composição. A matéria orgânica (M.O.) é um componente

heterogêneo constituído por matérias animal e vegetal, as quais promovem melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo, resultando em maior estabilidade dos agregados.

Estes benefícios proporcionam o aumento da resistência à erosão e da capacidade de retenção e infiltração da água, pois conferem ao solo maior porosidade e penetração do sistema radicular em razão da menor compactação; além de favorecer a disponibilidade de macronutrientes e micronutrientes, estes absorvíveis eficientemente pelas raízes, devido à M.O. proporcionar um aumento na capacidade de troca catiônica (CTC) e de nitrogênio, além de reduzir os teores de alumínio no solo que influenciam os níveis de pH (CYLE et al., 2016).

As florestas conservadas contêm um grande aporte de matéria orgânica advindo do acúmulo da serapilheira, que é composta por galhos, folhas, flores, frutos, dentre outras partes vegetais, bem como da fauna (SCHMIDT et al., 2011). Esta matéria orgânica é decomposta por meio de micro-organismos que compõe a fauna edáfica, depositando os nutrientes na solução do solo, em estado de disponibilidade de absorção pelas raízes, remetendo ao processo de ciclagem de nutrientes.

Torna-se pertinente compreender que, no solo, a quantidade de matéria orgânica disponível possui uma relação direta com as concentrações de nitrogênio (N), destacando-se o processo de decomposição como uma das principais formas de disponibilização de N ao solo (FIGUEIREDO et al., 2016). Este elemento é um componente de enzimas de alta relevância relacionado à fotossíntese e à formação de tecidos vegetais (TAKASHIMA et al., 2004).

De acordo com Aerts e Chapin (1999), o fósforo (P) é um elemento químico de importante função de atuação direta às atividades enzimáticas e constituidor de ácidos nucleicos e proteínas. Vitti et al. (2006) trata que o cálcio (Ca) atua como construtor das paredes celulares e auxilia na absorção de íons, sendo a sua ausência de resposta negativa aos vegetais, pois provoca danos ao crescimento radicular e outras adversidades.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 INFORMAÇÕES SOBRE O LOCAL DE ESTUDO

A área destinada ao estudo localiza-se no Município de Sirinhaém, PE, Brasil, com posicionamento na Mesorregião da Mata Pernambucana e na Microrregião da Mata Meridional Pernambucana (IBGE, 2012). Referente a sua posição, tem-se, ao norte, limites com Ipojuca e Escada, ao sul, com Rio Formoso e Tamandaré, ao leste, com Oceano Atlântico e, ao oeste, com Ribeirão (Figura 1).

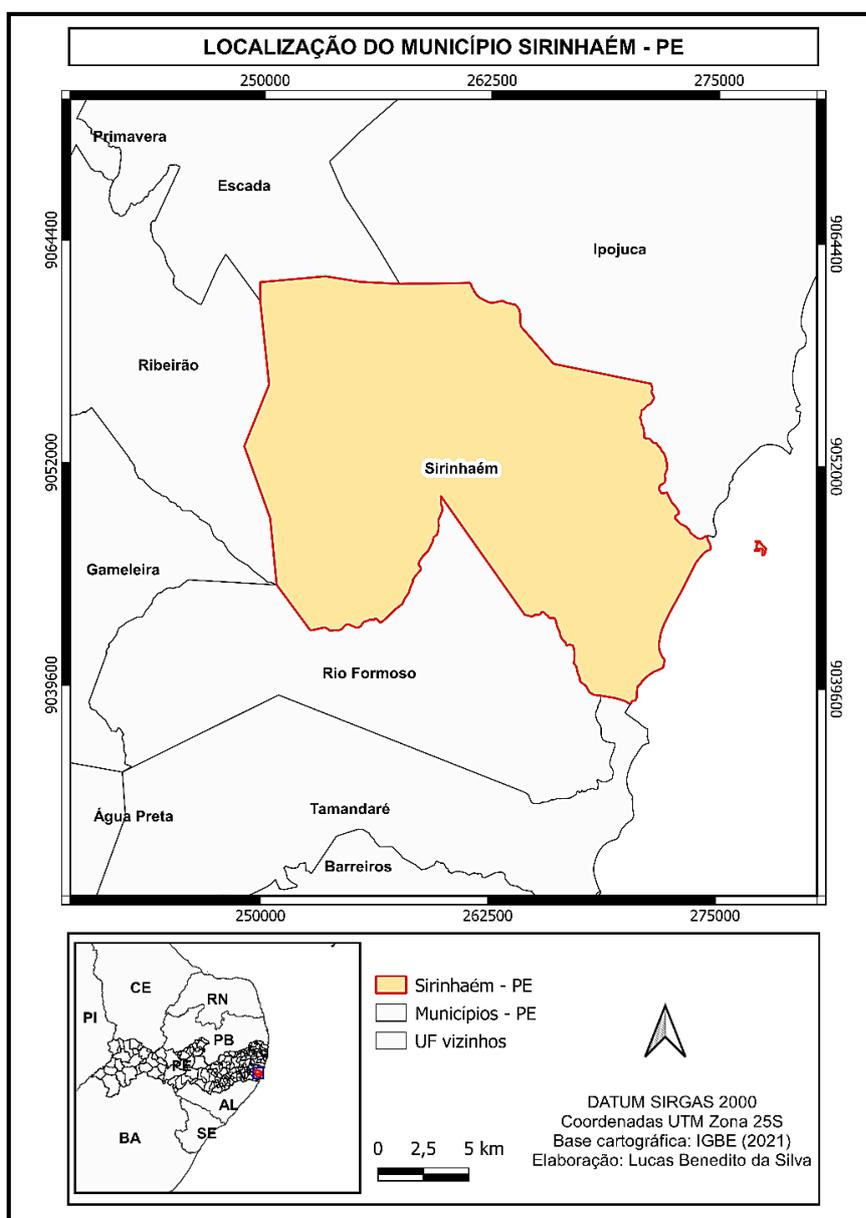


Figura 1: Localização do Município de Sirinhaém – PE.

Conforme dados do IBGE (2012), o Município de Sirinhaém apresenta uma área total de 374,321 km² e encontra-se sobre influência do sistema costeiro-marinho. Pelo serviço de pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite da Terra (Google Maps), por via rodoviária, o Município de Sirinhaém está a uma distância de 77 km do Município de Recife, PE.

A região possui clima de monção do tipo Am pelo sistema de Köppen (Alvares et al., 2013). A variação climática se destaca entre os meses de maio a julho com os períodos de maior precipitação pluviométrica, entretanto, no período de setembro a dezembro, possui clima quente e seco. A precipitação e a temperatura média anual entre o período de 2015 a 2021 foi de 2.113 mm e 27°C, respectivamente. Os dados apresentados referentes à pluviosidade e à temperatura foram obtidos no site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

O Município de Sirinhaém está a uma altitude de 49 m do nível do mar (IBGE, 2012). A vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (IBGE, 2012). Na região, predomina os seguintes tipos de solos: Latossolo amarelo; argissolo amarelo; vermelho-amarelo e acinzentado; cambissolo; neossolos flúvicos; e gleissolos (EMBRAPA, 2013; SANTOS et al., 2018).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As áreas avaliadas estão sob proteção há mais de 60 anos, às quais são:

Área Ciliar (AC) – situada no Engenho Buranhém, pertencente à Usina Trapiche S/A, com dimensão de 17,8 hectares sob as coordenadas 8°34'45.6"S e 35°10'27.6"W. Não há registros de informações referentes a alterações antrópicas no seu interior.

Salienta-se que a área ciliar (AC) representa uma porção do fragmento florestal denominado de Buranhém, que apresenta uma altitude de 107 m e área de 302 hectares. A porção de área ciliar avaliada está sob altitude de 67 m e possui uma área de 17,8 hectares. Mesmo não estando disposta à margem do Rio Sirinhaém, é caracterizada como ambiente de mata ciliar de morro não inundável, devido à presença de curso d'água no seu interior (SOBRINHO, 2019).

Área Não Ciliar (CNC) – pertencente à Usina Trapiche S/A, localmente identificada por Coelhas. Possui uma altitude de 117 m e área de 42 hectares, é georreferenciada sob as coordenadas 8°33'14.3"S e 35°08'50.7"W. De acordo com os parâmetros expressos na Resolução CONAMA n° 31, de 07/12/1994, o fragmento

é classificado em estado sucessional médio.

As áreas se encontram circundadas por monocultura de cana-de-açúcar e estão distanciadas por 4,03 Km (Figura 2).

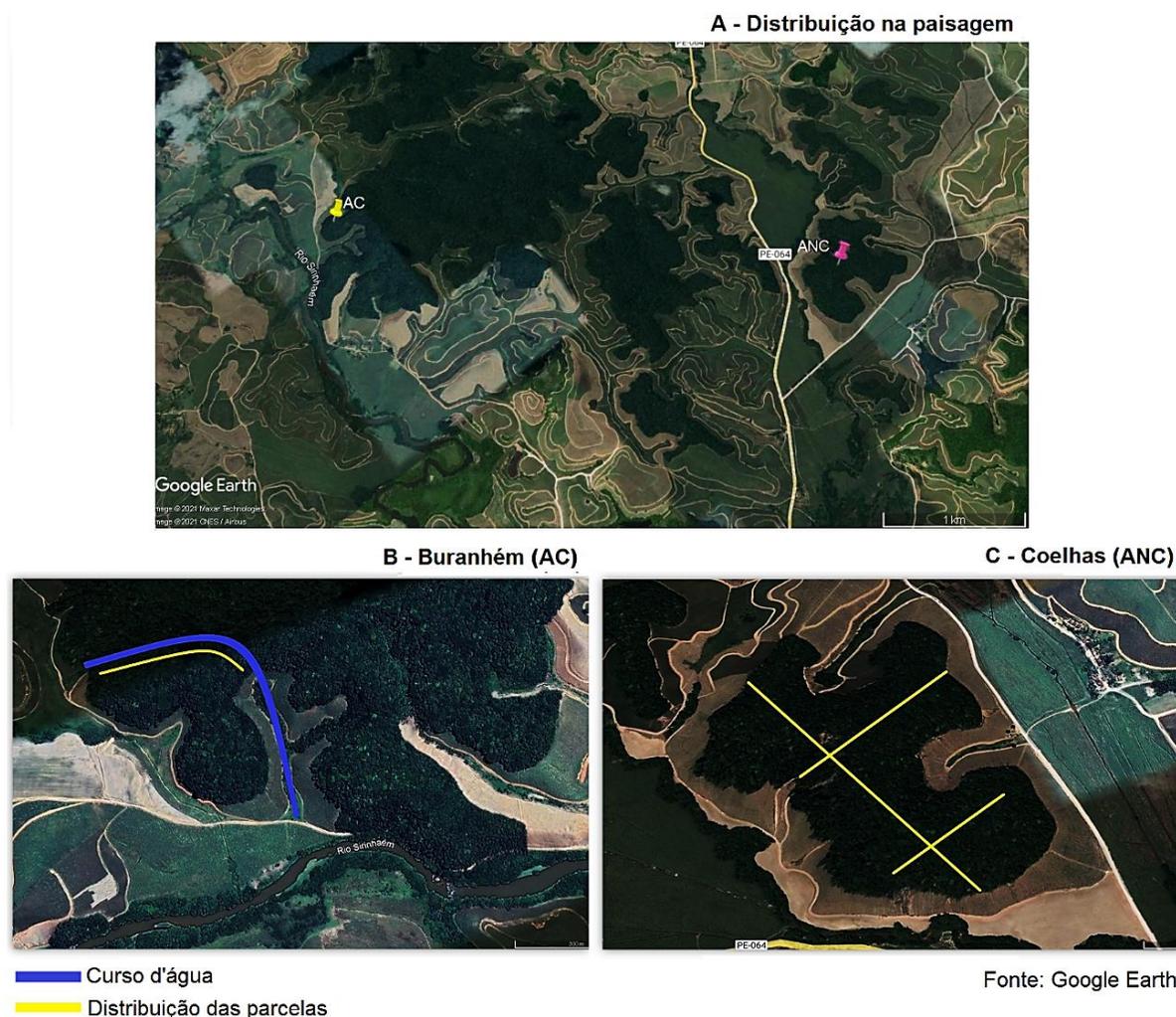


Figura 2: Localização espacial das áreas de estudo, situada na Usina Trapiche S/A, Município de Sirinhaém, Pernambuco. Em que: área ciliar (AC); área não ciliar (ANC); distribuição das áreas na paisagem (A); ilustração do curso d'água e distribuição das parcelas no ambiente AC (B); e distribuição das parcelas no ambiente ANC (C).

3.3 COLETA DE DADOS

Para avaliação da diversidade funcional em AC, utilizou-se da lista de espécies oriunda do levantamento florístico e fitossociológico (SOBRINHO, 2019), que representa a base da flora arbórea, além de 20 parcelas permanentes com dimensões de 10 m x 25 m, distanciadas a cada 20 metros, com distribuição sistemática ao longo da margem do curso d'água. Sendo estas estruturas pertinentes para a amostragem e coleta dos materiais botânicos necessários para as

análises posteriores.

Para avaliação da diversidade funcional em ANC, utilizou-se de dados florísticos e fitossociológicos, e as estruturas pertinentes referentes ao trabalho de Lima (2017), que consistiu em 40 parcelas permanentes com dimensões de 10 m x 25 m, distanciadas a cada 20 metros, distribuídas em três transectos, um no sentido Norte/Sul e dois no sentido Leste/Oeste, com o objetivo de obter uma maior representatividade da área. Entretanto, duas parcelas foram perdidas devido a eventos naturais (deslizamento de barreira).

3.4 DA SELEÇÃO DE ESPÉCIES

De acordo com Cornelissen et al. (2003) e Garnier et al. (2004), a seleção das espécies obedeceu a um parâmetro mínimo entre 70% a 80% da densidade relativa total das espécies levantadas nas listas florísticas desenvolvidas por Lima (2017) e Sobrinho (2019), ou seja, em meio à listagem de espécies, foram consideradas as de maior densidade relativa até atingir os parâmetros determinados de 70% a 80% da densidade relativa total do ambiente. Sendo assim, a densidade relativa total representará a porcentagem de participação do grupo de espécies representadas por seus indivíduos, os quais foram selecionados em relação ao total de indivíduos/espécie do ambiente de estudo.

Dentre as espécies presentes na lista florística, foram consideradas apenas as nativas (que ocorrem comumente em áreas de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas) e identificadas com o gênero, seguido do epíteto específico. A seleção englobou um total de 45 espécies para o ambiente AC, o qual se refere ao trabalho de Sobrinho (2019), e 42 espécies para o ambiente ANC, referente ao trabalho de Lima (2017), (Tabela 1).

Tabela 1: Lista de espécies referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, Município de Sirinhaém - PE. Sendo: ambientes: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC); grupos ecológicos (GE), pioneira (Pi), secundária inicial (Si), secundária tardia (St); e composição foliar (CF): folhas simples (1), folhas compostas (0).

Espécie	Família	AC	ANC	GE	CF
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Fabaceae		X	Pi	1
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	Moraceae	X	X	Si	0
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Moraceae	X	X	St	0
<i>Casearia javitensis</i> Kunth	Salicaceae	X	X	Si	0
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Urticaceae	X		Pi	0
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Boraginaceae		X	Si	1
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	Sapindaceae	X	X	Si	1
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Fabaceae	X		Si	1
<i>Eriotheca macrophylla</i> (K.Schum.) A.Robyns	Malvaceae		X	Si	1
<i>Erythroxylum mucronatum</i> Benth.	Erythroxylaceae		X	Si	0
<i>Erythroxylum squamatum</i> Sw.	Erythroxylaceae	X		St	0
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers	Lecythidaceae	X	X	Pi	0
<i>Guatteria pogonopus</i> Mart.	Annonaceae		X	Si	0
<i>Guatteria schomburgkiana</i> Mart.	Annonaceae	X		St	0
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	Moraceae	X	X	Si	0
<i>Henriettea succosa</i> (Aubl.) DC.	Melastomataceae	X	X	Si	0
<i>Himatanthus phagedaenicus</i> (Mart.) Woodson	Apocynaceae	X	X	Pi	0
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	Phyllanthaceae	X	X	Si	0
<i>Inga flagelliformis</i> (Vell.) Mart.	Fabaceae	X		St	1
<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Fabaceae		X	Si	1
<i>Lacistema robustum</i> Schnizl.	Lacistemataceae	X	X	Si	0
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Lecythidaceae	X	X	St	0
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	X	X	Pi	0
<i>Miconia affinis</i> DC.	Melastomataceae	X	X	Si	0
<i>Miconia holosericea</i> (L.) DC	Melastomataceae	X		Si	0
<i>Miconia hypoleuca</i> (Benth.) Triana	Melastomataceae		X	Si	0
<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	Melastomataceae		X	Si	0
<i>Miconia pyrifolia</i> Naudin	Melastomataceae	X	X	Si	0
<i>Miconia tomentosa</i> (Rich.) D. Don	Melastomataceae	X	X	Si	0
<i>Micropholis gardneriana</i> (A. DC.) Pierre	Sapotaceae	X		St	0
<i>Monteverdia distichophylla</i> (Mart. ex Reissek) Biral	Celastraceae	X		Pi	0
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	Myrtaceae	X		St	0

Tabela 1: Continuação.

Espécie	Família	AC	ANC	GE	CF
<i>Myrcia spectabilis</i> DC.	Myrtaceae		X	Si	0
<i>Myrcia sylvatica</i> (G.Mey.) DC.	Myrtaceae		X	Si	0
<i>Nectandra cuspidata</i> Nees	Lauraceae		X	Si	0
<i>Ocotea glomerata</i> (Nees) Mez	Lauraceae		X	Si	0
<i>Ouratea polygyna</i> Engl.	Ochnaceae	X	X	Si	0
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Fabaceae	X	X	St	1
<i>Pera ferruginea</i> (Schott) Müll.Arg.	Peraceae		X	St	0
<i>Plathymentia reticulata</i> Benth.	Fabaceae	X		Si	1
<i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers ex Benth.	Peraceae	X	X	St	0
<i>Pourouma acutiflora</i> Trécul	Urticaceae		X	St	0
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	Urticaceae	X		Pi	0
<i>Pouteria bangii</i> (Rusby) T.D.Penn.	Sapotaceae	X	X	Si	0
<i>Protium aracouchini</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	X		St	1
<i>Protium giganteum</i> Engl.	Burseraceae	X	X	St	1
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	X	X	Si	1
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	Araliaceae	X	X	Si	1
<i>Schoepfia brasiliensis</i> A.DC.	Schoepfiaceae	X	X	St	0
<i>Sclerolobium densiflorum</i> Benth.	Fabaceae	X		St	0
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	X	X	Si	1
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Siparunaceae	X	X	Si	0
<i>Sloanea garckeana</i> K.Schum.	Elaeocarpaceae	X		Si	0
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Clusiaceae	X	X	St	0
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	X		Si	1
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	Anacardiaceae	X	X	Pi	1
<i>Tovomita brevistaminea</i> Engl.	Clusiaceae	X		St	0
<i>Viola gardneri</i> (A.DC.) Warb.	Myristicaceae	X	X	St	0
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Hypericaceae	X		Pi	0
		AC	ANC		
	Total de espécies (Pi)	8	5		
	Total de espécies (Si)	21	27		
	Total de espécies (St)	16	10		
	Total de espécies entre áreas	45	42		
	Total de espécies em comum entre áreas		28		

As folhas foram coletadas de indivíduos arbóreos no interior das parcelas permanentes para as duas áreas, com auxílio de um podão e tesoura de poda. Em relação à disposição das folhas, foram coletadas folhas dispostas no terço médio da copa e, mais precisamente, na parte mediana do ramo, em locais com exposição à luz solar direta (folhas de sol), possibilitando uma comparação mais justa entre indivíduos e espécies.

A amostragem das folhas considerou um conjunto de dez indivíduos arbóreos adultos por espécie e cinco folhas relativamente jovens, mas totalmente expandidas e endurecidas por cada indivíduo, compondo um total de 50 folhas por espécie/área. Os indivíduos arbóreos atenderam aos seguintes critérios: CAP \geq 15,0 cm, folhas sem sintomas óbvios de ataque de herbívoros, patógenos ou com uma cobertura substancial de epífilos e com disposição à luz solar.

Todas as características foram mensuradas de acordo com o protocolo global de características de plantas (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). As espécies foram classificadas em grupos ecológicos obedecendo a classificação sugerida por Gandolfi et al. (1995) em: pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias.

3.5 CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

A seleção dos traços funcionais se baseou em características morfológicas de fácil obtenção em campo e análise em laboratório e que fornecessem respostas pertinentes aos fatores abióticos dos diferentes sítios avaliados nesta pesquisa.

Os traços funcionais selecionados foram: área foliar em cm² (AF); área foliar específica em cm² g⁻¹ (AFE); espessura foliar em mm (EF); composição foliar (CF), variável binária categórica classificada como folha simples (0) e folha composta (1); e teor de matéria seca foliar em g (TMSF) e altura da árvore em m (ALT).

Os traços funcionais selecionados se relacionam com os grupos dos traços foliares e de crescimento, os quais refletem os seguintes atributos funcionais: balanço hídrico, estratégia energética, habilidade competitiva e taxas fotossintéticas (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).

Cada amostra coletada foi acondicionada em sacos de papel úmidos com a identificação da espécie e da parcela, em seguida, acomodadas em sacos de polietileno com a identificação da área. Durante todo o período de campo, as amostras se mantiveram preservadas sob baixa temperatura em caixas térmicas

com cubos de gelo, para evitar perda de água até a pesagem no Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeira (Figura 3).



Fonte: próprio autor

Figura 3: Coleta e armazenamento das folhas nas áreas de estudo, localizadas na Usina Trapiche S/A, Município de Sirinhaém - PE. Em que: coleta de folhas (A), armazenamento em campo sob recipiente refrigerado (B, C) e armazenamento refrigerado após a coleta em campo (D).

3.6 MENSURAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

Todas as características foram mensuradas de acordo com o Protocolo Global de Características de Plantas (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). As folhas permaneceram umedecidas sobre papel úmido e sacos plásticos em ambiente refrigerado, os quais mantiveram a saturação hídrica do período de coleta em campo até o processamento em laboratório, período máximo de 48 horas.

Para folhas compostas, a raque não foi considerada como área da folha. Quanto às folhas simples e compostas, não foi considerado o pecíolo como área da

folha para a realização dos cálculos. Os folíolos de cada folha composta foram analisados de forma conjunta (medidos em uma única vez), ou seja, para os cálculos de área foliar foram somadas as áreas de todos os folíolos, obtendo-se uma área total, quanto à pesagem, obteve-se o peso úmido e peso seco de todos os folíolos de uma única vez em balança analítica de quatro casas decimais.

A coleta do material vegetal considerou secções de galhos fixos ao pecíolo das folhas, de modo a evitar uma rápida desidratação foliar, os quais foram removidos pouco antes dos procedimentos em laboratório.

3.6.1 Espessura da folha

De acordo com a anatomia vegetal, a superfície foliar tende a ser mais espessa próxima à nervura central e do bordo. De modo a evitar superestimação, realizou-se a coleta da espessura média foliar, onde as medições foram realizadas em seis pontos no limbo, sendo: duas próximas à base da folha, duas no centro e duas próximas ao ápice (Figura 4) e, ao final, considerou-se a média das seis medições.

Os pontos de medição foram realizados sempre no centro, entre o bordo e a nervura central, evitando medições sobre as nervuras secundárias espessas, pois medir sobre estas nervuras superestimam consideravelmente as medições. Como ferramenta para coleta dos dados de espessura foliar, utilizou-se um micrómetro milesimal digital da marca Ettoo.

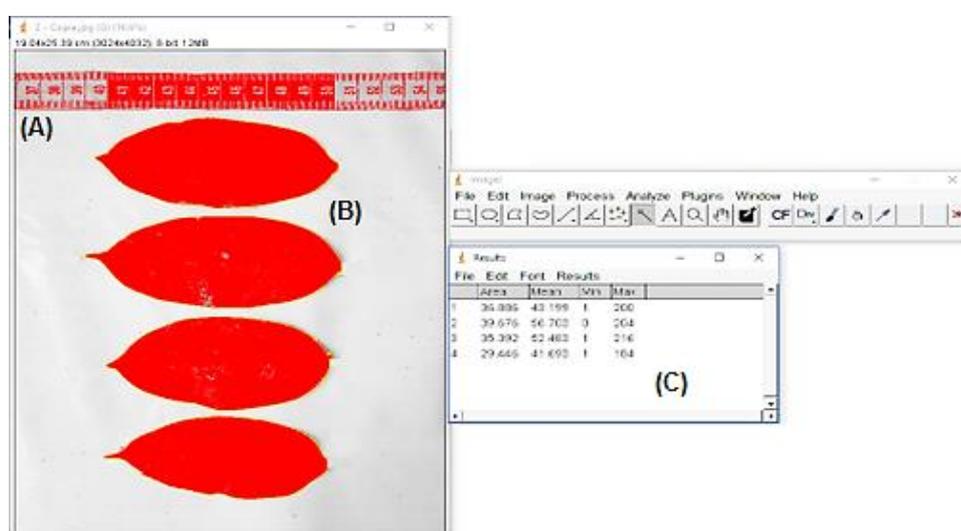


Fonte: próprio autor

Figura 4: Esquema de coleta da espessura média foliar, círculos em amarelo representam os pontos de medição da espessura foliar em mm.

3.6.2 Área foliar:

Para obtenção de dados de área foliar, as folhas tiveram suas superfícies limpas com papel umedecido, de modo a facilitar os procedimentos seguintes. As folhas de cada espécie foram dispostas sobre uma superfície plana com fita métrica ao lado, de modo a proporcionar uma melhor compreensão sobre a dimensão foliar durante a manipulação do software, utilizado a fita métrica como gabarito, em seguida, as folhas foram fotografadas com o auxílio da câmera de um smartphone Galaxy S10, com resolução de 16,0 MP e estabilizador de imagem. Posteriormente, as imagens foram processadas no software livre ImageJ (Figura 5) e os dados foram exportados para o *software* Microsoft Excel 2016.



Fonte: próprio autor

Figura 5: Interface do *software* livre ImageJ, demonstrado o procedimento de medição de área foliar em folha composta. Em que: fita métrica utilizada como gabarito (A), disposição e seleção dos folíolos para realização dos cálculos (B) e quadro de resultados do cálculo de área (C).

3.6.3 Massa foliar

No laboratório de Anatomia e Identificação de Madeira, as folhas ainda umedecidas foram pesadas em balança analítica digital de quatro casas decimais, de modo a obter dados de peso úmido, após a remoção total da umidade, as mesmas foram novamente pesadas para obtenção do seu peso seco. Para remoção total da umidade, as folhas foram acondicionadas em estufa e mantidas por 72 horas, sob uma temperatura de 60°C, no Laboratório de Dendrologia e Carpoteca.

Ambos os laboratórios utilizados pertencem à infraestrutura do Departamento de Ciência Florestal da UFRPE.

Os dados coletados contribuíram para os cálculos de AF, AFE e o TMSF. As medições seguiram as orientações gerais do protocolo de Pérez-Harguindeguy et al. (2013).

De acordo com Santos (2020), tem-se que:

Área foliar (AF): é a área unilateral de uma folha fresca, expressa em cm^2 ;

Área foliar específica (AFE): é a área unilateral de uma folha fresca (cm^2) dividida pela sua massa (g) após secagem em estufa, expressa em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$; e

Teor de matéria seca foliar (TMSF): é a massa seca de uma folha após secagem em estufa dividida pela sua massa fresca, expresso em g kg^{-1} .

3.6.4 Análise do solo

Considerando a importância do solo para o desenvolvimento e manutenção das espécies vegetais e a relevância de sua compreensão sobre as características funcionais, as variáveis: potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e alumínio (Al^{3+}) foram comparadas de forma estatística com os traços funcionais, com intuito de fornecer suporte para possíveis interpretações da diversidade funcional em ambas as áreas avaliadas.

Os dados das variáveis de solo e, conseqüentemente, a metodologia de coleta e extração dos elementos em laboratório, referentes aos ambientes AC e ANC, foram obtidos através dos trabalhos de Oliveira (2019) e Lima (2017), respectivamente.

3.6.5 Altura das árvores

Para a coleta da altura das árvores, utilizou-se uma régua de 30 cm e uma baliza de 1,5 metros (haste do podão) junto à árvore. Com uma régua em mãos, afastou-se da árvore até uma distância que fosse possível sobrepor, no olhar, a régua sob a baliza. A altura foi estimada através do total de régua contadas até alcançar o ápice da copa da árvore multiplicado pela metragem da baliza (SCOLFORO; FIGUEIREDO FILHO, 2008).

3.7 ANÁLISE DOS DADOS

De modo a atender os requisitos para as análises necessárias, foram criados *data frames* por área, que relacionaram as espécies, os traços funcionais, a abundância por parcela, os grupos ecológicos e as variáveis de solo. Entre as variáveis, tiveram seis relacionadas aos traços funcionais foliares e de crescimento (AF, EF, AFE, TMSF, CF, ALT), três referentes aos grupos ecológicos (pioneira - Pi, secundária inicial - Si e secundária tardia - St) e seis variáveis de solo (pH, P, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺).

Pelo conjunto de dados tabulados no *software* Microsoft Office Excel 2016, os dados referentes aos valores dos traços e as variáveis de solo foram exportados para o *software* Jamovi em sua versão 1.6.23, onde foram realizadas análises de atendimento aos pressupostos estatísticos, sendo aplicado o teste de Shapiro-Wilk, que tem por objetivo avaliar se uma distribuição de dados é normal, sendo considerado distribuição normal os resultados com valores de $p > 0,05$.

As variáveis funcionais foram submetidas à análise de regressão de modo a construir uma matriz de correlação através do coeficiente de Spearman (ρ), que foi selecionado devido aos dados analisados não atenderem aos pressupostos de normalidade. A matriz de correlação possibilita entender o poder de explicação entre as variáveis e a significância das correlações, onde o valor de $p < 0,05$ expressa que existe significância estatística. A interpretação dos possíveis resultados da correlação de acordo com Baba; Vaz; Costa (2014) se encontra na tabela 2.

Tabela 2: Interpretação dos possíveis resultados da análise de correlação de acordo com Baba; Vaz; Costa (2014).

Interpretação	Muito fraca	Fraca	Moderada	Forte	Muito forte
Valores	0,0 a 0,19	0,2 a 0,39	0,4 a 0,69	0,7 a 0,89	>0,9

De modo a analisar a variabilidade entre os dados nas duas áreas, no que se refere ao investimento e construção de tecidos foliares, foi calculada a plasticidade fenotípica, que consiste na capacidade de alteração fisiológica e/ou morfológica, de acordo com as condições do ambiente. Para esta aplicação, os cálculos foram realizados de acordo com o índice de plasticidade fenotípica (IP) proposto por Valladares et al. (2000). Este índice considera a diferença entre a média do valor máximo e mínimo das variáveis, dividido pela média do valor máximo.

$$IP = \frac{\text{valor da média máxima} - \text{valor da média mínima}}{\text{valor da média máxima}}$$

Segundo Valladares et al. (2005), resultados com valores superiores a 0,6 (IP > 0,6) resultam em alta plasticidade, do contrário, valores abaixo de 0,6 e próximo de zero (IP ≤ 0) refletem plasticidade baixa e nula, respectivamente. Os cálculos necessários para IP foram desenvolvidos via *software* Microsoft Excel 2016. O contraste referente à estrutura funcional entre as duas comunidades avaliadas reflete as hipóteses testadas nesta pesquisa.

Devido à natureza dos dados, faz-se necessária a aplicação de uma análise estatística não-paramétrica, para esta situação, utilizou-se o teste de Friedman para medidas pareadas, onde os dados dos diferentes traços foram coletados sobre o mesmo indivíduo, esta análise possibilita verificar diferença estatística entre os traços funcionais das espécies avaliadas para o ambiente AC e ANC.

Encontrada diferença significativa no teste de Friedman, aplicou-se o teste de comparação múltipla de Durbin- Conover, o qual expõem comparações em pares entre os traços funcionais, possibilitando inferir quais traços realmente estão se diferenciando. Para ambos testes, o valor de $p < 0,05$ representa diferença estatística.

Para avaliação entre grupos, considerando os traços funcionais como variáveis dependentes e os grupos ecológicos como variáveis independentes, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, que é utilizado para comparação de grupos que foram avaliados por meio de variáveis quantitativa e/ou qualitativa ordinal. Encontrado valor de $p < 0,05$, aplicou-se o teste de comparação múltipla de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF), o qual possibilita a comparação minuciosa entre pares de grupos. Para realização do teste de Friedman, bem como para o teste de Kruskal-Wallis e as consequentes comparações múltiplas, utilizou-se do *software* estatístico livre Jamovi.

Utilizou-se da análise de componentes principais, PCA (*Principal Component Analysis*), que possibilita a realização de análises entre múltiplas variáveis. Para a aplicação da PCA, as variáveis funcionais foram padronizadas, de modo a proporcionar, entre si, o mesmo peso, devido serem expressas por diferentes escalas. Referente à transformação dos dados, utilizou-se do *software* Microsoft Excel 2016, neste *software*, foi empregado o método de “valores de Z”, o qual tem a

propriedade de realizar transformações de parâmetros de distribuição de dados, tornando os valores finais com média igual a zero e desvio padrão igual a um, este método é expresso pela seguinte fórmula:

$$Z = \frac{Xi - m}{s}$$

Em que:

Z = Novo valor originado para a variável xi;

Xi = valor original da variável x;

m = média da amostra de x; e

s = desvio padrão da amostra de x.

Após a transformação dos dados referentes aos traços funcionais, os mesmos foram exportados para o *software* Past, versão 4.10, no qual foram realizados todos os procedimentos necessários para obtenção dos resultados da PCA.

A composição funcional das duas comunidades foi avaliada através da média ponderada de valores dos traços em nível de comunidade (*community weighted mean* - CWM) (MUSCARELLA; URIARTE, 2016). A composição funcional (CWM) consegue representar as diferenças por meio dos valores atribuídos à média das características de uma determinada espécie, ponderada pela sua representatividade na comunidade (SANTOS, 2020). Os valores de CWM, assim como os índices de diversidade funcional (FRic, FEve, FDiv, FDis), foram obtidos em conjunto por meio do package 'dbFD' no *software* R versão 3.6.3.

Para avaliar a distribuição dos níveis de nutrientes no solo entre as áreas de estudo, empregou-se a análise de escalonamento multidimensional não paramétrico (NMDS), que possibilita identificar relações entre espécies, objetos, dentre outras variáveis, reproduzindo o comportamento das mesmas em uma representação espacial, cuja distância entre as variáveis representa a similaridade ou dissimilaridade (HARDLE; SIMAR, 2007).

Em seguida, foi aplicado o teste de análise de similaridade (ANOSIM) para comprovar se existe diferença estatística significativa entre as áreas de estudo em relação ao teor de nutrientes no solo. Para o teste de ANOSIM, utilizou-se do índice de similaridade euclidiana com número de permutações de 9999, pois este

apresenta uma melhor relação aos dados utilizados nesta pesquisa, construindo resultados insensíveis a *outliers*, devido à variabilidade dos valores das variáveis.

A análise não paramétrica de Kruskal-wallis foi utilizada entre as variáveis de solo e os traços funcionais, em seguida, empregou-se o teste de comparação múltipla de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF), o qual possibilita a comparação minuciosa entre pares de grupos, variáveis de solo por traço funcional. Para analisar a influência dos nutrientes do solo em relação aos traços funcionais individualmente, aplicou-se análises de componentes principais (PCA) para cada traço funcional por variáveis de solo (um traço por seis variáveis de solo, em cada análise).

As análises utilizadas nesta pesquisa se encontram sintetizadas no Quadro 1.

Quadro 1: Esquema das análises utilizadas na pesquisa.

Teste de normalidade	Shapiro-Wilk	Jamovi, v. 1.6.23
Plasticidade fenotípica	$IP = (Med.max - Med.min) / Med.max$	Microsoft Office Excel, v. 2016
Padronização	$Z = (Xi - M) / S$	
Estimadores funcionais	Fric, Feve, Fdiv, FDis e CWM	R, v. 3.6.3
Análises de comparação	Spearman (rho)	Jamovi, v. 1.6.23
	Friedman > Durbin-Conover	
	Kruskal-Wallis	
	Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF)	
	Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS)	Past, v. 4.10
	Análise de similaridades (ANOSIM)	
	Componentes principais (PCA)	

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CORRELAÇÃO ENTRE TRAÇOS

No decorrer da análise descritiva, observou-se que, para ambas as áreas de estudo, os dados referentes aos traços funcionais não atenderam ao pressuposto estatístico de normalidade. De acordo com Pino (2014), anormalidade dos dados é resultado de fatores como alta variabilidade entre os valores das variáveis, presença de variável categórica e também outros fatores que tornam necessária a utilização de testes estatísticos não paramétricos.

A correlação não paramétrica de Spearman (ρ) aplicada ao conjunto de variáveis denominadas de traços funcionais demonstrou existir significância estatisticamente ($p < 0,05$) para ambas as áreas (Tabela 3).

Tabela 3: Correlação entre os traços funcionais, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: área foliar (AF), espessura foliar (EF), área foliar específica (AFE), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura (ALT) e composição foliar (CF).

		Buranhém (AC)				
		AF	EF	AFE	TMSF	ALT
EF	Spearman's rho	0.273				
	p-value	0.070				
AFE	Spearman's rho	-0.225	-0.256			
	p-value	0.137	0.090			
TMSF	Spearman's rho	0.286	0.283	-0.577		
	p-value	0.057	0.060	< .001***		
ALT	Spearman's rho	0.337	-0.140	-0.088	-0.023	
	p-value	0.024*	0.361	0.567	0.879	
CF	Spearman's rho	0.635	0.085	-0.008	0.112	0.350
	p-value	< .001***	0.578	0.960	0.463	0.018*
		Coelhas (ANC)				
		AF	EF	AFE	TMSF	ALT
EF	Spearman's rho	0.489				
	p-value	0.001**				
AFE	Spearman's rho	0.327	-0.001			
	p-value	0.035*	0.995			
TMSF	Spearman's rho	0.193	0.009	-0.323		
	p-value	0.221	0.956	0.037*		
ALT	Spearman's rho	0.487	0.033	0.390	0.147	
	p-value	0.001**	0.835	0.011*	0.351	
CF	Spearman's rho	0.704	0.266	0.020	0.328	0.545
	p-value	< .001***	0.089	0.899	0.034*	< .001***

Observação: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; e *** $p < 0,001$

Os resultados da correlação predominam em torno da classificação muito baixa a baixa, reforçando a escolha das variáveis para esta pesquisa, demonstrando que os traços selecionados respondem de forma distinta, o que contribui para diferentes respostas às análises posteriores.

Quanto as duas áreas de estudo, a correlação referente à AFE com o TMSF e a EF foram negativas. A AFE é positivamente relacionada à taxa fotossintética e à concentração de nitrogênio foliar, entretanto, negativamente entre recursos relativos à longevidade da folha, como o acúmulo de carbono, tanino e lignina, importantes componentes para o TMSF, que contribuem para o aumento da EF (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).

Nota-se que o traço CF para as duas áreas se correlacionaram positivamente de forma moderada a forte com a AF, o que é justificável quanto à função de captação do recurso luz, pois folhas compostas, consequentemente, possuem maior área funcional ativa, logo, uma maior área foliar ativa.

4.2 PLASTICIDADE ENTRE TRAÇOS FUNCIONAIS

A média dos valores dos traços funcionais do ambiente AC foram superiores aos do ANC (Tabela 4).

Tabela 4: Valores médios dos traços funcionais, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: grupos ecológicos (GE), secundária tardia (St), secundária inicial (Si), pioneira (Pi); área foliar (AF), espessura foliar (EF), área foliar específica (AFE), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura (ALT); e área ciliar (AC), área não ciliar (ANC).

Espécies	GE	AF (cm ²)		EF (mm)		AFE (cm ² g ⁻¹)		TMSF (g kg ⁻¹)		ALT (m)	
		AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC
<i>Bowdichia virgilioides</i>	St		154,45		0,21		81,32		0,37		13,50
<i>Brosimum guianense</i>	Si	23,39	21,39	0,25	0,28	171,58	108,69	0,38	0,31	18,66	16,40
<i>Brosimum rubescens</i>	St	73,77	82,34	0,34	0,37	106,76	129,27	0,73	0,38	20,50	17,70
<i>Casearia javitensis</i>	Si	66,89	68,89	0,20	0,17	135,17	122,14	0,45	0,48	16,46	15,80
<i>Cecropia pachystachya</i>	Pi	1580,25		0,59		86,69		0,68		17,86	
<i>Cordia sellowiana</i>	Si		264,45		0,32		202,36		0,49		14,85
<i>Cupania racemosa</i>	Si	252,47	210,37	0,30	0,38	142,59	63,02	0,51	0,32	16,18	17,40
<i>Dialium guianense</i>	Si	89,30		0,26		218,60		0,39		18,78	
<i>Eriotheca macrophylla</i>	Si		788,62		0,34		206,11		0,23		19,00
<i>Erythroxylum mucronatum</i>	St		39,79		0,28		87,65		0,44		12,30
<i>Erythroxylum squamatum</i>	St	44,04		0,24		138,83		0,57		12,50	
<i>Eschweilera ovata</i>	Pi	57,68	52,59	0,27	0,27	96,94	119,74	0,51	0,39	17,34	16,80
<i>Guatteria pogonopus</i>	St		77,91		0,26		89,24		0,41		12,30
<i>Guatteria schomburgkiana</i>	St	71,18		0,21		164,08		0,48		15,76	
<i>Helicostylis tomentosa</i>	Si	173,84	175,64	0,26	0,23	153,17	202,40	0,49	0,45	18,02	19,50
<i>Henriettea succosa</i>	Si	182,47	142,19	0,53	0,47	81,15	109,45	0,62	0,47	16,26	14,30
<i>Himatanthus phagedaenicus</i>	Pi	150,04	171,02	0,30	0,28	130,87	177,43	0,55	0,25	11,54	9,50
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	Si	94,96	99,85	0,27	0,31	164,25	144,76	0,29	0,24	17,48	15,50
<i>Inga flagelliformis</i>	St	229,58		0,51		227,36		0,45		13,36	

Tabela 4. Continuação.

Espécies	GE	AF (cm ²)		EF (mm)		AFE (cm ² g ⁻¹)		TMSF (g kg ⁻¹)		ALT (m)	
		AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC
<i>Inga thibaudiana</i>	Si		319,17		0,47		127,91		0,56		16,10
<i>Lacistema robustum</i>	Si	54,29	45,20	0,26	0,24	163,34	99,94	0,29	0,42	6,84	6,20
<i>Lecythis lurida</i>	St	109,23	96,43	0,40	0,25	129,54	134,85	0,39	0,42	18,48	16,90
<i>Maprounea guianensis</i>	Pi	5,98	6,82	0,15	0,18	188,91	250,49	0,58	0,27	15,42	13,20
<i>Miconia affinis</i>	Si	66,00	87,26	0,32	0,29	135,92	129,51	0,59	0,40	8,66	7,40
<i>Miconia holosericea</i>	Si	188,56		0,36		84,50		0,74		8,04	
<i>Miconia hypoleuca</i>	Si		148,28		0,41		117,44		0,39		7,20
<i>Miconia prasina</i>	Si		82,57		0,30		108,70		0,37		8,50
<i>Miconia pyrifolia</i>	Si	88,85	85,69	0,24	0,25	119,50	112,85	0,53	0,37	7,72	7,52
<i>Miconia tomentosa</i>	Si	501,90	509,96	0,39	0,50	156,61	177,60	0,33	0,32	7,58	7,20
<i>Micropholis gardneriana</i>	St	27,02		0,26		168,06		0,48		13,46	
<i>Monteverdia distichophylla</i>	Pi	70,00		0,26		157,73		0,25		12,44	
<i>Myrcia guianensis</i>	St	17,09		0,26		166,26		0,31		10,06	
<i>Myrcia silvatica</i>	Si		7,98		0,21		42,28		0,40		8,31
<i>Myrcia spectabilis</i>	Si		38,56		0,25		110,91		0,39		7,40
<i>Nectandra cuspidata</i>	St		109,23		0,21		117,41		0,42		10,10
<i>Ocotea glomerata</i>	Si		64,61		0,37		67,81		0,54		6,80
<i>Ouratea polygyna</i>	Si	40,65	39,17	0,18	0,18	83,75	115,24	0,83	0,45	13,44	14,20
<i>Parkia pendula</i>	St	1061,45	986,75	0,19	0,15	160,69	122,56	0,36	0,45	20,18	17,63
<i>Pera ferruginea</i>	Si		28,18		0,23		113,79		0,33		10,23
<i>Plathymentia reticulata</i>	Si	122,40		0,31		11,36		0,49		16,46	
<i>Pogonophora schomburgkiana</i>	St	121,41	34,36	0,28	0,20	184,19	63,58	0,41	0,59	13,62	13,22
<i>Pourouma acutiflora</i>	Si		531,99		0,41		154,16		0,31		13,50
<i>Pourouma guianensis</i>	Pi	1489,76		0,49		136,85		0,67		12,42	
<i>Pouteria bangii</i>	Si	101,30	98,32	0,25	0,25	93,25	104,03	0,23	0,40	15,28	13,42
<i>Protium aracouchini</i>	St	204,26		0,26		199,09		0,40		15,32	
<i>Protium giganteum</i>	St	2115,94	1940,32	0,31	0,62	103,40	105,88	0,79	0,75	16,24	18,63
<i>Protium heptaphyllum</i>	Si	282,45	261,03	0,22	0,29	107,92	89,30	0,63	0,76	13,04	15,32

Tabela 4. Continuação.

Espécies	GE	AF (cm ²)		EF (mm)		AFE (cm ² g ⁻¹)		TMSF (g kg ⁻¹)		ALT (m)	
		AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC
<i>Schefflera morototoni</i>	Si	3456,60	3092,24	0,36	0,32	62,62	132,87	0,73	0,40	20,00	18,64
<i>Schoepfia brasiliensis</i>	St	82,39	48,28	0,23	0,38	125,86	82,92	0,59	0,30	8,00	6,78
<i>Sclerolobium densiflorum</i>	St	80,05		0,41		3,42		0,79		13,74	
<i>Simarouba amara</i>	Si	1055,71	918,07	0,34	0,26	111,13	118,16	0,51	0,47	17,44	20,00
<i>Siparuna guianensis</i>	Si	67,30	78,53	0,27	0,23	148,92	202,28	0,51	0,32	13,45	13,34
<i>Sloanea garckeana</i>	Si	91,95		0,30		103,85		0,59		11,66	
<i>Symphonia globulifera</i>	St	27,30	31,68	0,23	0,21	134,40	188,65	0,32	0,26	20,80	17,65
<i>Tapirira guianensis</i>	Si	300,09		0,33		111,40		0,42		17,42	
<i>Thyrsodium spruceanum</i>	Pi	1820,28	1750,52	0,60	0,49	150,93	158,99	0,80	0,54	17,52	18,48
<i>Tovomita brevistaminea</i>	St	70,44		0,28		139,45		0,29		13,90	
<i>Virola gardneri</i>	St	105,30	174,59	0,24	0,23	147,48	210,10	0,41	0,32	15,72	18,43
<i>Vismia guianensis</i>	Pi	142,87		0,36		643,58		0,33		11,98	
	Máximo	3456,60	3092,24	0,60	0,62	643,58	250,49	0,83	0,76	20,80	20,00
	Mínimo	5,98	6,82	0,15	0,15	3,42	42,28	0,23	0,23	6,84	6,20
	Média	379,08	332,51	0,31	0,30	143,38	128,66	0,50	0,41	14,60	13,50
	Desvio padrão	692,61	610,39	0,10	0,10	88,61	46,18	0,16	0,12	3,73	4,30

Alta plasticidade fenotípica foi encontrada entre os traços funcionais. A plasticidade dentro da comunidade reflete uma variação de forças ambientais que moldam as estruturas funcionais das espécies arbóreas dentro e entre comunidades.

O comportamento plástico das espécies retoma à ideia de que o contexto ambiental de maior umidade local e alterações na disponibilidade nutricional do solo influenciam diretamente sobre a morfologia e a competição de espécies arbóreas.

Referente aos traços funcionais e à plasticidade destes, as condições ambientais locais, no tocante à sobrevivência e à manutenção das espécies, evidenciou-se que 37,78% e 57,14% das espécies do ambiente AC e ANC, respectivamente, apresentaram valores de plasticidade $\geq 0,60$, resultado que reflete em alta plasticidade.

Para o ambiente AC, os maiores valores de plasticidade entre os traços funcionais foram para as seguintes espécies: AF - *Inga flagelliformis*; EF e TMSF - *Henriettea succosa*; e AFE - *Protium heptaphyllum*.

Quanto ao ambiente ANC, as espécies que apresentaram os maiores valores de plasticidade entre os traços funcionais foram: EF e AFE - *Protium heptaphyllum*; TMSF - *Cordia sellowiana*; e ALT - *Ouratea polygyna*.

Os traços AFE e TMSF juntos equivalem a 71,87% da plasticidade referente às espécies que apresentaram valores de IP $\geq 0,60$. Ambos traços possuem o peso seco e o peso úmido como variáveis em sua formulação, podendo refletir que o aporte de água nos tecidos vegetais são fatores fortemente influenciadores na adaptabilidade morfofisiológica das espécies florestais às condições abióticas.

Os maiores valores de plasticidade (IP $\geq 0,60$) encontrados para os traços funcionais estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5: Distribuição dos maiores valores de plasticidade fenotípica para os traços funcionais, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: grupos ecológicos (GE), secundária tardia (St), secundária inicial (Si), pioneira (Pi); área foliar (AF), espessura foliar (EF), área foliar específica (AFE), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura (ALT); e área ciliar (AC), área não ciliar (ANC).

Espécies	GE	AF		EF		AFE		TMSF		ALT		Quantidades de traços com IP \geq 0,60	
		AC	ANC	AC	ANC								
<i>Bowdichia virgilioides</i>	St		0,25		0,21		0,51		0,68		0,16		1
<i>Brosimum guianense</i>	Si	0,38	0,22	0,42	0,31	0,56	0,35	0,45	0,41	0,09	0,67		1
<i>Brosimum rubescens</i>	Si	0,52	0,15	0,35	0,16	0,52	0,61	0,49	0,41	0,07	0,69		2
<i>Cordia sellowiana</i>	Si	0,48	0,18	0,29	0,3	0,58	0,54	0,48	0,95	0,12	0,36		1
<i>Cupania racemosa</i>	Si		0,5		0,18		0,52		0,65		0,38		1
<i>Eriotheca macrophylla</i>	Si		0,25		0,1		0,75		0,67		0,55		2
<i>Eschweilera ovata</i>	Si	0,67	0,2	0,3	0,27	0,85	0,53	0,7	0,66	0,15	0,42	3	1
<i>Helicostylis tomentosa</i>	Si	0,61	0,38	0,36	0,44	0,65	0,65	0,16	0,5	0,15	0,48	2	1
<i>Henriettea succosa</i>	Si	0,49	0,19	0,75	0,44	0,82	0,22	0,82	0,72	0,17	0,67	3	2
<i>Himatanthus phagedaenicus</i>	Pi	0,49	0,17	0,37	0,35	0,32	0,13	0,62	0,38	0,15	0,15	1	
<i>Inga flagelliformis</i>	St	0,73		0,17		0,85		0,64		0,17		3	
<i>Lacistema robustum</i>	Si	0,28	0,27	0,26	0,37	0,64	0,68	0,62	0,42	0,2	0,19	2	1
<i>Maprounea guianensis</i>	Pi	0,26	0,18	0,3	0,44	0,46	0,64	0,39	0,69	0,24	0,2		2
<i>Miconia affinis</i>	Si	0,41	0,17	0,45	0,46	0,6	0,69	0,52	0,65	0,19	0,53	1	2
<i>Miconia holosericea</i>	Si	0,7		0,42		0,81		0,05		0,12		2	
<i>Miconia tomentosa</i>	Si	0,24	0,56	0,39	0,26	0,29	0,58	0,28	0,25	0,1	0,63		1
<i>Monteverdia distichophylla</i>	Pi	0,23		0,23		0,63		0,51		0,22		1	
<i>Myrcia silvatica</i>	Si		0,5		0,34		0,85		0,47		0,48		1
<i>Myrcia spectabilis</i>	Si		0,14		0,29		0,32		0,44		0,6		1
<i>Ocotea glomerata</i>	Si		0,15		0,46		0,26		0,64		0,07		1
<i>Ouratea polygyna</i>	Si	0,08	0,16	0,34	0,26	0,75	0,57	0,81	0,62	0,2	0,92	2	1
<i>Parkia pendula</i>	St	0,01	0,27	0,24	0,19	0,36	0,48	0,23	0,29	0,2	0,77		1
<i>Pera ferruginea</i>	Si		0,3		0,36		0,68		0,68		0,09		2

Tabela 5. Continuação.

Espécies	GE	AF		EF		AFE		TMSF		ALT		Quantidades de traços com IP \geq 0,60	
		AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC
<i>Pogonophora schomburgkiana</i>	Si	0,51	0,35	0,37	0,29	0,57	0,48	0,67	0,6	0,31	0,23	1	
<i>Pourouma acutiflora</i>	St		0,24		0,21		0,33		0,19		0,67		1
<i>Protium giganteum</i>	St	0,66	0,21	0,52	0,37	0,74	0,56	0,04	0,04	0,22	0,81	2	1
<i>Protium heptaphyllum</i>	Si	0,69	0,54	0,21	0,63	0,88	0,87	0,52	0,62	0,23	0,74	2	3
<i>Schefflera morototoni</i>	Si	0,27	0,44	0,4	0,37	0,36	0,38	0,01	0,27	0,14	0,66		1
<i>Sclerolobium densiflorum</i>	St	0,26		0,26		0,63		0,55		0,17		1	
<i>Tapirira guianensis</i>	Si	0,1		0,24		0,63		0,72		0,16		2	
<i>Thyrsodium spruceanum</i>	Pi	0,31	0,31	0,26	0,19	0,71	0,33	0,1	0,09	0,18	0,13	1	
<i>Tovomita brevistaminea</i>	St	0,19		0,49		0,53		0,6		0,12		1	
<i>Virola gardneri</i>	St	0,45	0,18	0,39	0,26	0,37	0,72	0,27	0,8	0,18	0,33		2
Total de IP \geq 0,60 por traços		6	0	1	1	14	10	9	13	0	10	30	33
		Total de espécies com IP \geq 0,60 por ambiente										17	24

4.3 CONTRASTES QUANTO AO CONTEXTO BIÓTICO

A aplicação do teste de Friedman confirmou a existência de diferença estatística entre os traços funcionais dentro de ambas comunidades, com valores de $p < 0,001$, portanto, aplicou-se o teste de comparação múltipla em pares de Durbin-Conover, sendo comprovada diferença estatisticamente significativa entre quase todos dos traços funcionais, exceto quando comparado (AF – AFE, $p = 0,104$) para a área ciliar. Em contrapartida, a área não ciliar divergiu estatisticamente entre todos os traços (Tabela 6).

Tabela 6: Estatística entre os traços funcionais, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC); área foliar (AF), espessura foliar (EF), área foliar específica (AFE), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura (ALT); e composição foliar (CF).

FRIEDMAN									
Buranhém (AC)					Coelhas (ANC)				
χ^2	Df	P	χ^2	Df	p				
181	5	<.001***	185	5	<.001***				
DURBIN-CONOVER									
	Statistic	P		Statistic	p				
AF - EF	17.85	<.001***	AF - EF	23.89	<.001***				
AF - AFE	1.63	0,104	AF - AFE	2.36	0.019*				
AF - TMSF	14.82	<.001***	AF - TMSF	19.52	<.001***				
AF - ALT	6,54	<.001***	AF - ALT	8.92	<.001***				
AF - CF	20,87	<.001***	AF - CF	26.75	<.001***				
EF - AFE	19,49	<.001***	EF - AFE	26.25	<.001***				
EF - TMSF	3,02	0.003**	EF - TMSF	4.38	<.001***				
EF - ALT	11,32	<.001***	EF - ALT	14.98	<.001***				
EF - CF	3,02	0.003**	EF - CF	2.86	0.005**				
AFE - TMSF	16,47	<.001***	AFE - TMSF	21.88	<.001***				
AFE - ALT	8,17	<.001***	AFE - ALT	11.27	<.001***				
AFE - CF	22,51	<.001***	AFE - CF	29.11	<.001***				
TMSF - ALT	8,3	<.001***	TMSF - ALT	10.60	<.001***				
TMSF - CF	6,04	<.001***	TMSF - CF	7.24	<.001***				
ALT - CF	14,33	<.001***	ALT - CF	17.84	<.001***				

Observação: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; e *** $p < 0,001$

A análise não paramétrica de Kruskal-Wallis possibilitou as seguintes respostas: o ambiente AC demonstrou que AF, EF, TMSF e a CF são diferentes estatisticamente ($p < 0,05$) entre os grupos sucessionais, entretanto, a AFE e a ALT resultaram em valores de $p > 0,05$, para estes dois traços, a classificação sucessional em pioneira, secundária inicial e secundária tardia não possibilitou diferença estatística.

Minuciosamente, quando avaliado entre pares, nota-se que o TMSF apresenta diferença significativa dentre todos os grupos ($P_i \neq S_i$; $P_i \neq S_t$; e $S_i \neq S_t$), com valores de p entre 0,011 a $<0,001$. Referente às demais avaliações, foram obtidos os seguintes resultados significativos: AF – ($P_i \neq S_i$; e $P_i \neq S_t$), EF – ($P_i \neq S_t$), CF – ($P_i \neq S_i$; e $S_i \neq S_t$).

Quando avaliado o ambiente ANC, divergências significativas, estatisticamente, foram encontradas para todos os traços funcionais referentes aos grupos ecológicos, quando avaliado entre pares de grupos, observa-se diferença estatística nula entre os grupos secundária inicial e secundária tardia para os traços AFE, TMSF e ALT (Tabela 7).

Tabela 7: Estatísticas entre os grupos ecológicos e traços funcionais, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: grupo ecológico: pioneira (P_i), secundária inicial (S_i), secundária tardia (S_t); traços funcionais: área foliar (AF), espessura foliar (EF), área foliar específica (AFE), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura (ALT); e ambientes: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC).

Kruskal-Wallis							
Buranhém (AC)				Coelhas (ANC)			
	χ^2	Df	p		χ^2	df	p
AF	26,320	2	<,001***	AF	63,900	2	<,001***
EF	9,310	2	0,01**	EF	72	2	<,001***
AFE	1,350	2	0,509	AFE	73	2	<,001***
TMSF	35,490	2	<,001***	TMSF	14	2	<,001***
ALT	3,250	2	0,197	ALT	39	2	<,001***
CF	8,920	2	0,012*	CF	58,200	2	<,001***
Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF)							
Buranhém (AC)				Coelhas (ANC)			
AF				AF			
		W	p			W	p
Pi	Si	-6,120	<,001***	Pi	Si	-8,700	<,001***
Pi	St	-5,930	<,001***	Pi	St	-9,590	<,001***
Si	St	2,830	0,112	Si	St	-5,490	<,001***

Tabela 7: Continuação.

Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF)							
Buranhém (AC)				Coelhas (ANC)			
EF				EF			
		W	p			W	p
Pi	Si	-0,268	0,980	Pi	Si	-8,730	<,001***
Pi	St	-6,236	<,001***	Pi	St	-9,700	<,001***
Si	St	-0,153	0,994	Si	St	-7,870	<,001***
AFE				AFE			
		W	p			W	p
Pi	Si	-1492	0,542	Pi	Si	-10,608	<,001***
Pi	St	-1,339	0,611	Pi	St	-10,255	<,001***
Si	St	-0,191	0,990	Si	St	-0,470	0,941
TMSF				TMSF			
		W	p			W	p
Pi	Si	-7,610	<,001***	Pi	Si	-3,365	0,046*
Pi	St	-5,700	<,001***	Pi	St	-5,745	<,001***
Si	St	4,090	0,011*	Si	St	0,191	0,990
ALT				ALT			
		W	p			W	p
Pi	Si	21.807	0,271	Pi	Si	-7713	<,001***
Pi	St	22.190	0,259	Pi	St	-7420	<,001***
Si	St	-0,057	0,999	Si	St	0,911	0,796
CF				CF			
		W	p			W	p
Pi	Si	-3.413	0,042*	Pi	Si	-8,080	<,001***
Pi	St	0,135	0,995	Pi	St	-9,190	<,001***
Si	St	3,857	0,018*	Si	St	-5,670	<,001***

Observação: * p < 0,05; ** p < 0,01; e *** p < 0,001

A heterogeneidade entre espécies remete às características específicas, favorecendo a organização em grupos ecológicos, fornecendo conhecimento para classificação do estado de desenvolvimento da comunidade florestal.

As áreas avaliadas nesta pesquisa estão em nível intermediário, entretanto, as condições ambientais ainda não atuam de forma suficiente para ocasionar restrições que inibiam o desenvolvimento de espécies de estratégias aquisitivas e favoreçam as conservativas, por consequência, uma maior amplitude de processos ecossistêmicos, possibilitando as mesmas uma maior resiliência.

No entanto, o ambiente AC se mostra mais desenvolvido, apresentando uma diversidade mais equilibrada em termos estruturais e funcionais, podendo-se

observar maior homogeneidade no investimento em traços diversificados, portanto, maior conjunto de espécies funcionalmente distintas, que, por consequência, aumentam a resiliência da comunidade, admitindo maior quantidade de processos ecossistêmicos.

O ambiente ANC apresenta tendências e faz prevalecer a estratégia aquisitiva, demonstrando um conjunto de espécies que investem seus recursos em desenvolvimento vertical, proporcionando uma sutil fragilidade à estrutura da comunidade.

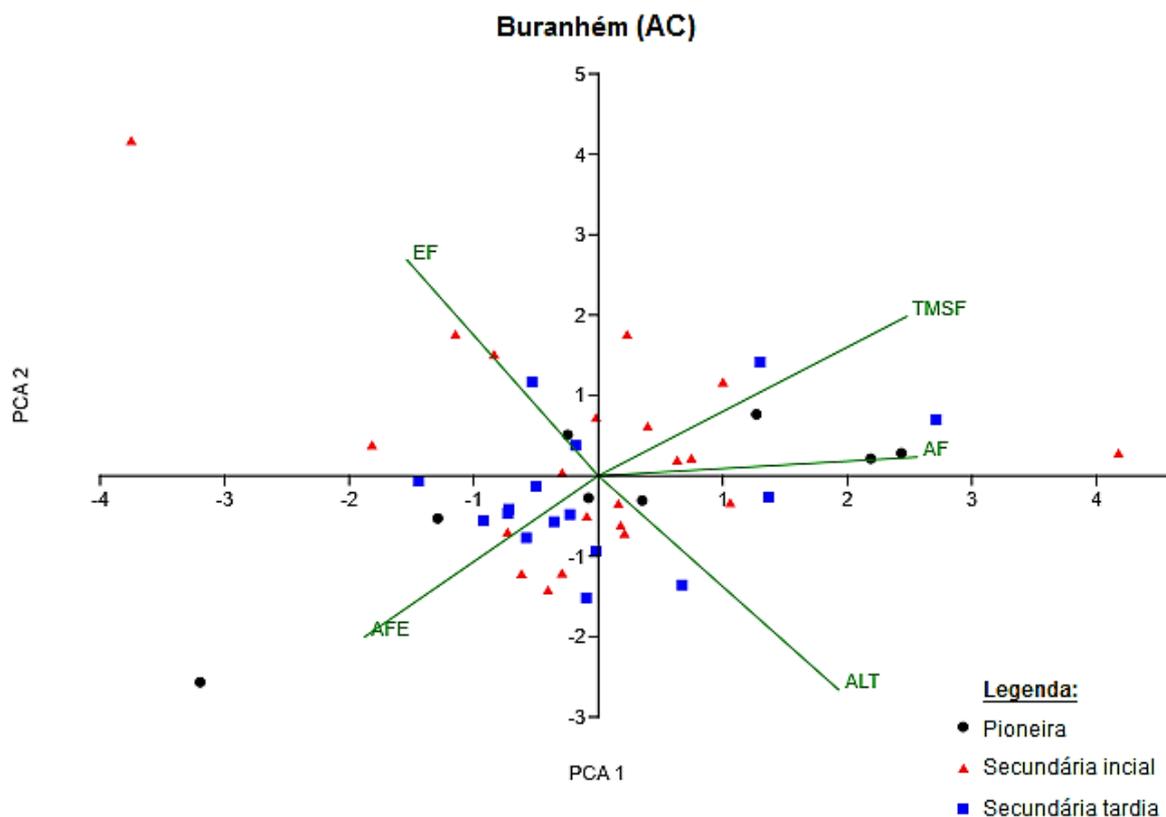
Entretanto, destaca-se que, para ambas áreas, a estrutura vertical ainda não expõe uma diferença significativa de organismos imponentes de dossel, possibilitando a formação de estratos característicos de formações florestais desenvolvidas que restringem o recurso luminosidade no interior da comunidade, favorecendo o desenvolvimento e a manutenção de uma maior diversidade de formas de vida.

4.4 O ABIÓTICO QUANTO AO COMPORTAMENTO ARBÓREO

A análise multivariada de componentes principais (PCA) apresentou configurações distintas entre ambientes. A partir da configuração das espécies entre os eixos da PCA, observa-se a influência dos fatores abióticos sobre a composição e o desempenho das espécies. Tratando as comunidades individualmente, pode-se obter melhores respostas, isto é, uma visão ecossistêmica do comportamento vegetal em relação ao ambiente em que se encontra.

Relativo ao ambiente AC, é constatada a inexistência de agregação entre grupos ecológicos por traços funcionais específicos, ou seja, o abiótico não está proporcionando um nível de estresse que ocasione modificações significativas na configuração da comunidade, que ocasione a inibição ou o retardamento do desenvolvimento das espécies com características pioneiras, que necessitam de alta demanda de recursos, como nutrientes, água e luz.

A configuração gráfica da PCA apresentou um comportamento mais uniforme das espécies no centro do gráfico, englobando os quatro quadrantes, ilustrando um investimento homogêneo de recursos entre os traços funcionais (Figura 6).



Sumário da PCA			Cargas					
PC	Valores dos eixos		Participação das variáveis nos eixos					
	Eigenvalue	% variance	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	
1	187,077	37,415	AF	0,542	0,049	0,658	0,020	-0,519
2	123,468	24,694	EF	-0,325	0,569	0,439	0,541	0,292
3	0,819	16,385	AFE	-0,397	-0,424	0,609	-0,449	0,300
4	0,737	14,738	TMSF	0,525	0,420	0,012	-0,453	0,586
5	0,338	67,679	ALT	0,409	-0,564	0,052	0,548	0,461

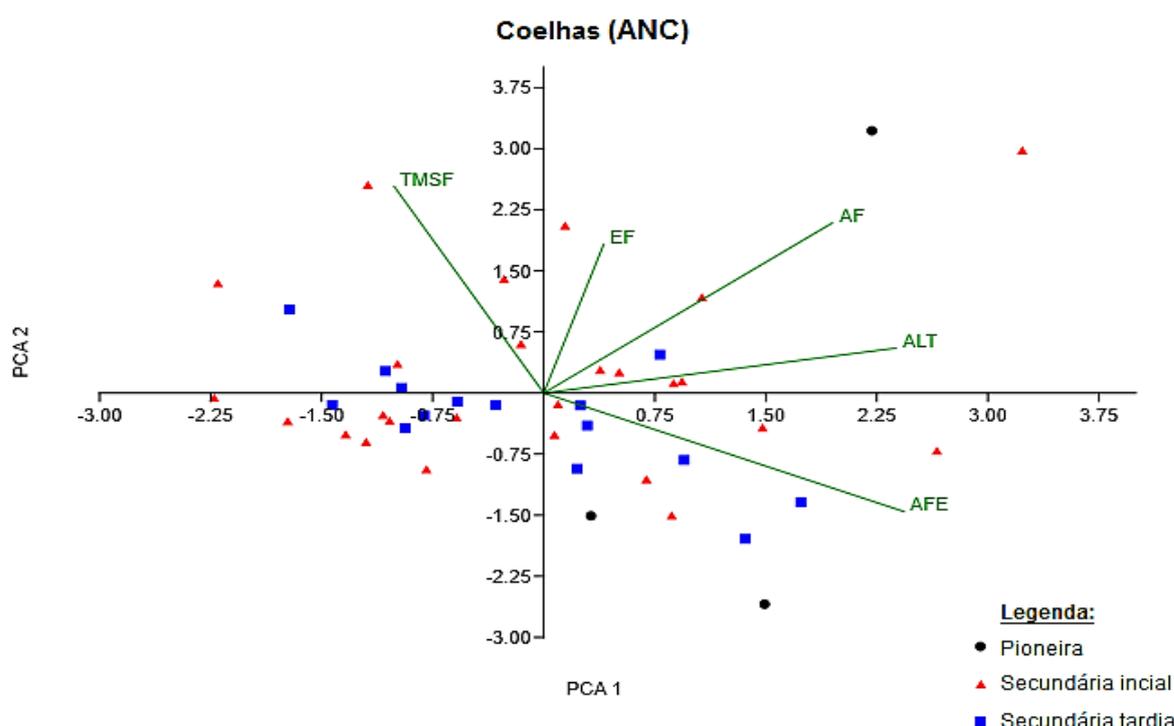
Figura 6: Análise de componentes principais (gráfico, sumário e cargas) dos traços funcionais em relação aos grupos ecológicos referente ao ambiente área ciliar. Eixos de um a cinco da PCA (PC 1, PC 2, PC 3, PC 4, PC 5).

Os eixos um e dois, de forma sutil, apresentaram certas tendências. No eixo um, os traços TMSF, AF e ALT foram os que evidenciaram maior importância para um determinado conjunto de espécies e, conseqüentemente, maiores quantidades de recursos são investidas.

O conjunto de traços composto por TMSF, AF e ALT proporciona ao organismo maior estrutura vertical, concedendo vantagens quanto à aquisição do recurso luz, tornando mais abundante para si e ampliando a área de absorção com folhas de maior superfície de captura, além de favorecer a proteção dos recursos adquiridos, aumentando o teor de massa seca, que não se limita apenas à proteção

contra danos físicos e herbívoros, mas também à proteção contra a perda de água por evaporação resultante da transpiração.

Quanto ao resultado da PCA do ambiente ANC, é perceptível maior investimento em traços relacionados à aquisição de recursos, como AF, AFE e ALT (Figura 7). Também foram destaques o TMSF e a EF, sendo a EF em menor proporção entre os demais, entretanto, apresenta uma boa correlação ao TMSF, devido à presença de compostos de carbono e lignina. Folhas que apresentam maior EF proporcionam maiores velocidades de taxas fotossintéticas por unidade de área foliar, devido possuir maior relação AF/N (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).



Sumário da PCA			Cargas					
PC	Valores dos eixos		Participação das variáveis nos eixos					
	Eigenvalue	% variance	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	
1	159,861	31,972	AF	0,479	0,513	0,062	-0,656	0,270
2	138,346	27,669	EF	0,099	0,449	0,755	0,384	-0,268
3	104,344	20,869	AFE	0,598	-0,358	0,132	0,406	0,576
4	0,544	10,878	TMSF	-0,249	0,624	-0,412	0,444	0,427
5	0,431	86,114	ALT	0,584	0,135	-0,489	0,245	-0,584

Figura 7: Análise de componentes principais (gráfico, sumário e cargas) dos traços funcionais em relação aos grupos ecológicos referente à área não ciliar. Eixos de um a cinco da PCA (PC 1, PC 2, PC 3, PC 4, PC 5).

Em contraste ao ambiente de mata ciliar, o não ciliar apresenta um conjunto de espécies pertencentes ao grupo ecológico secundária inicial, investindo mais recursos em ALT e AF. Ao tempo que estes traços são mais requisitados no eixo um, o TMSF aumenta em relação ao eixo dois, este comportamento retrata o desenvolvimento da comunidade, pois a busca para romper o dossel florestal proporciona maiores restrições para as pioneiras, característica perceptível devido à baixa quantidade de espécies com esta classificação na amostragem, bem como na sua restrição em altura para certas espécies, padrão este adverso ao respectivo grupo ecológico.

Quanto ao funcionamento da comunidade, observando a Figura 7, importantes relações podem ser feitas. Empregando o eixo dois à variável TMSF e o eixo um às variáveis ALT, AF e EF, nota-se que a relação ALT - TMSF é muito fraca, onde maiores valores de altura pouco respondem ao TMSF, ou seja, as espécies que estão dominando o dossel florestal investem menos recurso em defesa, logo, uma necessidade de sobrevivência por meio da aquisição de recursos (estratégia aquisitiva), em outros termos, espécies secundárias iniciais com performance de pioneiras.

Dando continuidade, nota-se que as espécies que apresentam maior AF, por consequência, investem mais em TMSF do que as espécies de maior ALT. Este resultado expressa uma necessidade fisiológica, no qual, quanto maior a área foliar, maior será a necessidade de massa para comportar os recursos essenciais, principalmente os relacionados à fotossíntese.

O aumento da AF possibilita ao organismo vegetal maiores chances de adquirirem quantidades superiores de recurso luz, característica muito importante para espécies que colonizam ou se mantêm temporariamente nos níveis inferiores do dossel da floresta, lugares estes de menor disponibilidade de recurso luz, maior umidade e maiores riscos de herbivoria. A EF apresenta forte relação com o TMSF, dentre os fatores colaborantes, têm-se o número e a espessura das camadas do mesofilo (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).

Este comportamento reflete um contraste entre o desenvolvimento das espécies no ambiente, onde o espaço entre indivíduos na comunidade proporciona a competição por recursos, ocasionando uma distribuição uniforme entre espécies, no que se refere aos traços de ALT, AF, EF, TMSF. Quanto às variáveis de

comportamento similar aos traços, estas são poucas, ou melhor, são indivíduos que ultrapassaram a barreira por recursos, logo, seres mais altos, que retêm maiores quantidades de luz, com folhas mais especializadas devido ao seu posicionamento na comunidade, por consequência, maior produção fotossintética.

Referente à estratégia ecológica, o ambiente ANC, por meio de fatores bióticos e abióticos, tendem a influenciar as espécies ao maior investimento em aquisição de recursos e conservação dos mesmos e da integridade física do indivíduo arbóreo.

4.5 ESTIMADORES DE DIVERSIDADE FUNCIONAL

Foram realizadas análises de correlação de Spearman entre os estimadores de diversidade funcional para ambos ambientes, as quais englobaram: riqueza funcional (FRic), equabilidade funcional (FEve), divergência funcional (FDiv) e dispersão funcional (FDis) (Tabela 8).

Tabela 8: Correlação de Spearman (ρ) entre os estimadores funcionais, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiçe S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC), riqueza funcional (FRic), equabilidade funcional (FEve), divergência funcional (FDiv) e dispersão funcional (FDis).

		Buranhém (AC)			Coelhas (ANC)		
		FRic	FEve	FDiv	FRic	FEve	FDiv
FEve	Spearman's rho	-0.153			-0.083		
	p-value	0.517			0.621		
FDiv	Spearman's rho	0.111	0.408		0.254	0.208	
	p-value	0.640	0.076		0.124	0.208	
FDis	Spearman's rho	0.549	0.418	0.693	0.563	0.178	0.586
	p-value	0.014*	0.068	< .001***	< .001***	0.284	< .001***

Observação: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; e *** $p < 0,001$

Estatisticamente, as áreas divergiram em relação aos estimadores (Tabela 9). Esta diferença possibilita descrever que os ambientes apresentam funcionalidade, estabelecimento e manutenção distintos entre as espécies. Como referência, o ambiente ANC apresentou maiores valores para os estimadores de diversidade funcional.

Tabela 9: Estimadores de diversidade funcional e média ponderada da comunidade, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC): riqueza funcional (FRic), equabilidade funcional (FEve), divergência funcional (FDiv), dispersão funcional (FDis); área foliar (AF), espessura foliar (EF), área foliar específica (AFE), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura (ALT); e composição foliar folhas simples (CF_0), composição foliar folhas compostas (CF_1).

	AC	ANC	Statistic - P			
FRic	0,61 ^b	2,11 ^a	< 0,001 ^{***}			
FEve	0,68 ^b	0,75 ^a	< 0,001 ^{***}			
FDiv	0,73 ^b	0,83 ^a	< 0,001 ^{***}			
FDis	1,77 ^b	2,52 ^a	< 0,001 ^{***}			

	AC	ANC	AC - ANC	AC	ANC	AC - ANC
	Média	Média	Statistic - P	CWM	CWM	Statistic - P
AF	364,51 ^a	332,51 ^a	0,839	407,91 ^b	644,16 ^a	0,006 ^{**}
EF	14,87 ^a	0,30 ^a	0,296	3,84 ^a	0,32 ^b	0,043
AFE	143,38 ^a	128,66 ^a	0,255	140,18 ^a	130,74 ^b	0,015
TMSF	0,50 ^a	0,41 ^b	0,004	0,50 ^a	0,46 ^b	< 0,001 ^{***}
ALT	14,60 ^a	12,50 ^b	0,010 [*]	15,86 ^a	14,09 ^b	< 0,001 ^{***}
CF_0	0,27 ^a	0,26 ^a	0,960	0,82 ^a	0,57 ^b	< 0,001 ^{***}
CF_1				0,18 ^a	0,43 ^b	< 0,001 ^{***}

Observação: * p < 0,05; ** p < 0,01; e *** p < 0,001

O ambiente AC se apresentou mais numeroso em quantidade de espécies em relação ao ANC (critério de amostragem da pesquisa), ainda assim, o mesmo foi inferior em valor de riqueza funcional (FRic), este contraste pode estar relacionado à distribuição de espécies por parcela e à abundância geral da comunidade, pois a abundância da área ANC foi 61,8% superior à quantidade de indivíduos por espécie entre as parcelas do ambiente AC.

Entretanto, cabe salientar que o número de indivíduos é capaz de proporcionar interpretações equivocadas, pois pode não refletir a real quantidade de funções na comunidade. Uma espécie com poucos representantes poderá conter uma utilidade específica, que as demais espécies não possuem, e esta utilidade desempenhada na comunidade é importante ecologicamente. Sendo assim, o

estudo da diversidade funcional deve ocorrer sob olhar interespecífico, mas também deverá exercer uma visão intraespecífica.

No tocante à distribuição das espécies e a sua abundância na comunidade, o estimador equitabilidade funcional (FEve) também se manifesta maior para o ambiente ANC, este estimador retrata o quanto as abundâncias são uniformemente distribuídas dentro da comunidade, ou seja, o quanto estão cobrindo o espaço funcional (MASON et al., 2005).

A divergência funcional (FDiv) foi maior para o ambiente ANC. A FDiv estima a irregularidade ou diferença da distância entre as abundâncias das espécies referente ao centro do espaço funcional na comunidade, resultando na maximização das divergências entre atributos funcionais (MASON et al., 2005; VILLÉGER et al, 2008; MOUCHET et al., 2010; GARNIER et. al., 2016).

Os resultados da análise de componentes principais (PCA) colaboram com a FDis, expondo que, para o ambiente ANC, as espécies estão amplamente distribuídas no espaço funcional e os traços funcionais se apresentam, tanto no eixo um como no eixo dois, com grandes valores, com tendência de agrupamento de certas espécies, entretanto, ainda se observa algumas disparidades na configuração dos pontos e eixos da PCA, do contrário ao observado para o ambiente AC, que expõe uma maior homogeneidade na distribuição das espécies e equilíbrio entre os traços funcionais.

Os resultados possibilitam compreender que o ambiente ANC evidencia um conjunto de espécies de comportamento aquisitivo com grande necessidade de obtenção de recursos, principalmente luminosidade, o que reflete o grande adensamento de indivíduos ainda jovens e que não se destacam no dossel florestal, proporcionando menor área por indivíduo. Em contrapartida, o ambiente AC se demonstra mais homogêneo e equilibrado, com maior persistência em diferentes traços funcionais, não atendendo a um padrão de investimento de recursos, este comportamento colabora com a singularidade funcional de cada espécie no funcionamento da comunidade florestal.

Quanto aos grupos ecológicos, evidenciou-se uma uniformidade não diferencial entre os traços funcionais, quando se trata das espécies secundárias iniciais e tardias. Para o ambiente AC, os grupos ecológicos (Si e St) não divergiram entre si para os traços funcionais, apenas a composição foliar diferenciou

significativamente, sendo este um traço categórico. Para o ambiente ANC, encontrou-se diferença estatística significativa para os traços AF, EF e CF.

A divergência funcional (FDiv) e a equitabilidade funcional (FEve) são importantes para a compreensão do comportamento das espécies frente ao contexto ambiental local e ao nível de conservação, pois expõe a diferenciação entre os recursos que as espécies estão utilizando frente à coexistência em uma mesma comunidade com fatores ambientais distintos.

O ambiente ANC apresenta alta quantidade de indivíduos por espécie, ocasionando uma pressão populacional, resultando em maiores valores de FDiv e FEve, proporcionado um contexto ambiental local de alta competitividade pelo uso dos recursos, podendo citar água, luz e nutrientes do solo.

Para o ambiente AC, os menores valores de FDiv e FEve resultam em menor divergência entre os atributos funcionais e a formação de uma maior homogeneidade na distribuição das espécies na comunidade, refletindo em maior espaçamento entre indivíduos. A homogeneidade entre a abundância das espécies e a baixa diferenciação entre os grupos ecológicos retratam semelhança entre o comportamento das diferentes espécies, podendo inferir que os contextos biótico e abiótico não estão submetendo as espécies a pressões a nível que modifique o comportamento natural dos organismos florestais em sua diversidade comportamental e de estratégias.

No contexto do ambiente AC, a sua característica de mata ciliar pode estar colaborando para o comportamento plástico das espécies, pois solos com altos teores de recursos hídricos possibilitam maior umidade para a demanda necessária dos indivíduos arbóreos, em contrapartida, alteram a distribuição nutricional do solo, modificando a disponibilidade de minerais (CARDOSO et al., 2011; GRATANI, 2014; LÁZARO-NOGAL et al., 2015; BASTOS et al., 2019).

Referente à plasticidade do ambiente ANC, a abundância de indivíduos pode estar ocasionando a alta plasticidade nesta comunidade. Visitas a campo evidenciaram a distribuição e ocupação do ambiente, sendo notória esta diferença em abundância em comparação ao ambiente AC, não sendo apenas dentro das parcelas, mas, sim, em um contexto geral entre os ambientes.

Ao analisar se existe diferença entre as médias dos traços funcionais entre os ambientes AC e ANC, encontrou-se diferença estatística apenas entre o TMSF, ao

complementar os traços funcionais com os valores de abundância, tornaram-se evidentes as diferenças entre os traços funcionais. Estes resultados distinguem dos encontrados por Silva et al. (2015), o qual identificou padrão entre os valores dos traços funcionais e da média ponderada da comunidade (CWM). Todavia, resultados obtidos por Silva (2016) colaboram com os encontrados nesta pesquisa, evidenciando que ambos ambientes (ciliar e não ciliar) apresentam respostas distintas.

4.6 FERTILIDADE DO SOLO ENTRE AMBIENTES E TRAÇOS FUNCIONAIS

O estudo dos nutrientes do solo foi realizado quanto a sua influência no comportamento e investimento de recursos pelas espécies. A aplicação da análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) proporcionou avaliar a diferença entre os níveis de nutrientes do solo das duas áreas, AC e ANC. Quando comparadas, detectou-se diferença significativa entre os níveis dos componentes químicos do solo, a qual é comprovada por meio do teste de ANOSIM, que resultou em valores de $R = 0,81$ e $p = 0,0001$ (Figura 8).

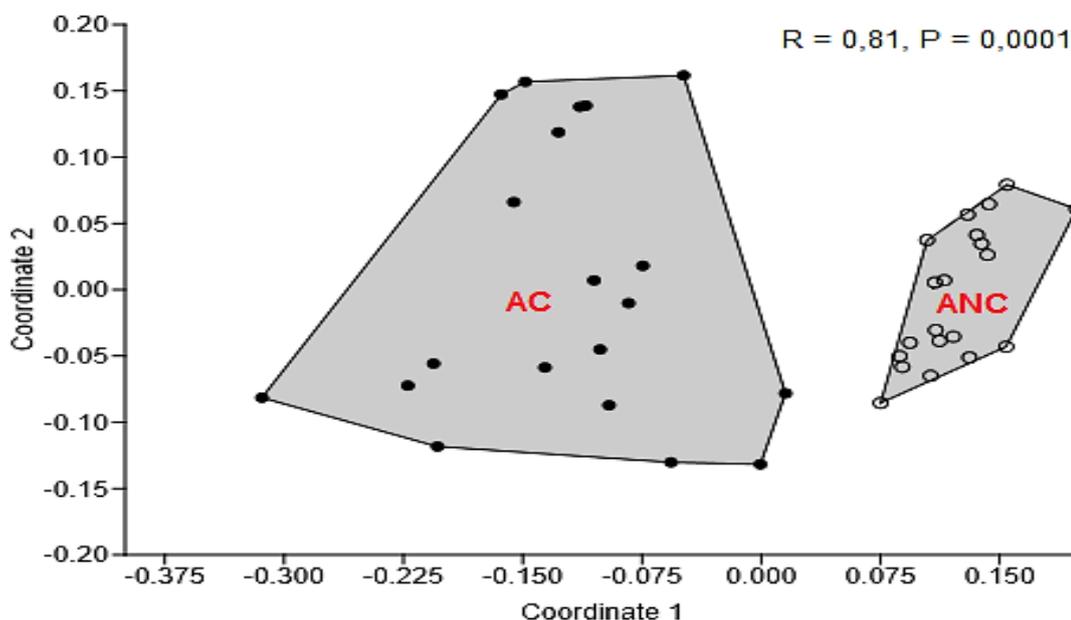


Figura 8: Análise comparativa dos componentes químicos do solo entre os dois ambientes de estudo através do escalonamento multidimensional não métrico (NMDS). Áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE.

Comprovada estatisticamente a dissemelhança entre as áreas, com intuito de

melhorar o entendimento referente ao comportamento das variáveis de solo entre as comunidades, foi realizada a análise de Kruskal-Wallis, mas especificamente o teste Post-Hoc de comparação em pares DSCF, fortalecendo a ideia de diferenciação entre sítios (Tabela 10).

Tabela 10: Comparação estatística entre os componentes químicos do solo, referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: variáveis de solo: potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e alumínio (Al^{3+}); e ambiente ciliar (AC), ambiente não ciliar (ANC).

Kruskal-Wallis							
Variáveis químicas de solo entre áreas						p	
pH, P, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Al^{3+}						< .001***	
Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF)							
Ph				Mg^{2+}			
		W	p			W	p
AC	ANC	4.72	< .001***	AC	ANC	4.91	< .001***
P				K^+			
		W	p			W	p
AC	ANC	-8.79	< .001***	AC	ANC	8.79	< .001***
Ca^{2+}				Al^{3+}			
		W	p			W	p
AC	ANC	-5.62	< .001***	AC	ANC	8.79	< .001***

Observação: * p < 0,05; ** p < 0,01; e *** p < 0,001

Reforçando a individualidade ambiental que cada área possui como reflexo nos níveis de elementos químicos no solo disponíveis para as espécies florestais, nesta linha de entendimento, foi identificada diferença altamente significativa entre os elementos pH, P, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Al^{3+} para cada ambiente.

Ambientes com solo encharcados proporcionam alterações físico-químicas e diminuição da quantidade de oxigênio disponível para as plantas, além de elevar os níveis de concentração de elementos tóxicos, como alumínio e ferro (GUEDES et al., 2006; MAGNAGO et al., 2010).

A composição das espécies na comunidade florestal retrata as diferenças bióticas e abióticas presentes internamente na área da comunidade, as quais refletem sobre o *fitness* das espécies por meio dos seus traços funcionais, estes que abrangem a morfologia, fisiologia e a fenologia das espécies. Entretanto, em um ambiente altamente diversificado, a pressão exercida aos organismos pode provocar

alterações além do nível de espécie, ou seja, a nível de indivíduo.

Análises de componentes principais envolvendo os elementos químicos do solo avaliados nesta pesquisa, em relação a cada traço funcional de maneira individual, demonstrou a existência de comportamento correlato entre traços e certas variáveis de solo (Figura 9, Tabela 11).

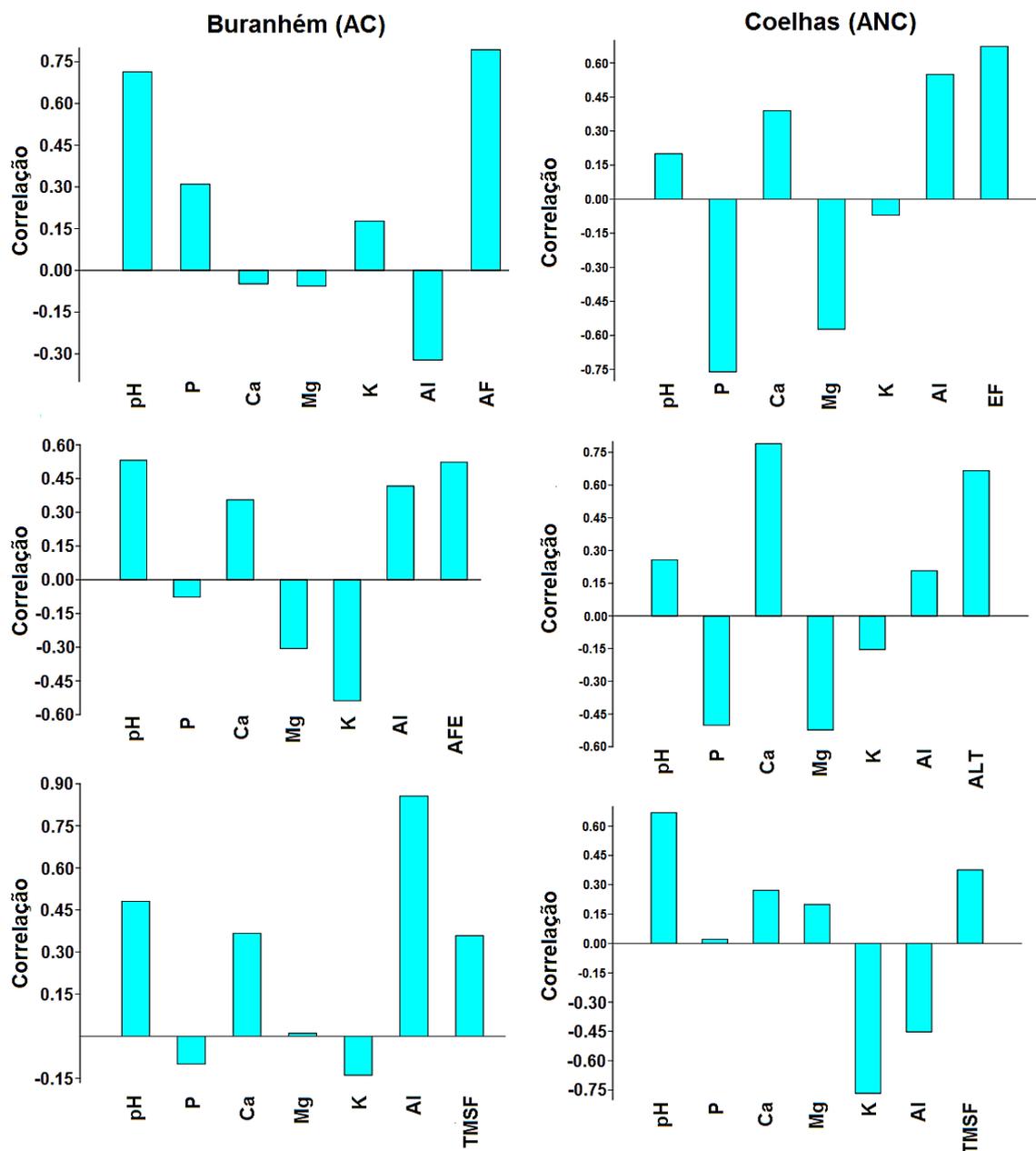


Figura 9: Relações entre os traços funcionais e os elementos químicos do solo referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, Município de Sirinhaém - PE. Em que: ambientes: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC); traços: área foliar (AF), área foliar específica (AFE), espessura foliar (EF), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura da árvore (ALT); e variáveis de solo: potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), alumínio (Al^{3+}).

Tabela 11: Relações entre os traços funcionais e os elementos químicos do solo referente às áreas pertencentes à Usina Trapiche S/A, localizada no Município de Sirinhaém - PE. Em que: ambientes: área ciliar (AC), área não ciliar (ANC); traços funcionais: área foliar (AF), área foliar específica (AFE), espessura foliar (EF), teor de matéria seca foliar (TMSF), altura da árvore (ALT); e variáveis de solo: potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), alumínio (Al^{3+}).

Traços funcionais	pH		P		Ca^{2+}		Mg^{2+}		K^+		Al^{3+}	
	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC
AF	X		X						X			
AFE	X				X						X	
EF		X				X						X
TMSF	X	X		X	X	X		X			X	
ALT		X				X						X

Para o ambiente AC, os traços AF, AFE e TMSF apresentaram maior correlação aos elementos químicos do solo, contudo, não foi identificada influência sobre EF e ALT das espécies. Em relação ao ambiente ANC, os traços de EF, ALT e TMSF apresentaram respostas significativas aos elementos químicos do solo, onde apenas a AF e a AFE não apresentaram relação aos nutrientes do solo, mediante a análise PCA.

De acordo Jager et al. (2014), as espécies florestais quando estabelecidas em solos de baixa fertilidade tendem a investir mais recursos para o desenvolvimento em altura, colaborando com o resultado obtido para o ambiente ANC, que apresentou resposta em investimento de recursos para o traço funcional ALT, cabendo ressaltar que este ambiente demonstra uma composição química de solo inferior ao ambiente AC. As características funcionais relacionadas à aquisição e uso dos recursos, provavelmente, estão mais relacionadas às variáveis químicas de solo (JAGER et al., 2014).

Observa-se que o pH é um componente químico bastante forte, o qual apresenta relação entre todos os traços funcionais para ambas áreas. Este elemento necessita de atenção, pois resulta em acidez ativa do solo, cabendo destacar que o ambiente AC é mais ácido do que o ambiente ANC (LIMA, 2017; SILVA, 2021), todavia, de acordo com a classificação de Cunha et al. (2019), ambas áreas são consideradas de alto nível de acidez ($\text{pH} \leq 5,0$). Níveis de pH muito ácidos podem prejudicar o desenvolvimento das espécies florestais, influenciando no crescimento do sistema radicular, além de outros efeitos tóxicos ao organismo vegetal (LIMA et

al., 2018; VARGAS et al., 2019).

Em uma condição de ambiente florestal preservado, é relevante compreender sobre o processo de ciclagem de nutrientes, onde a deposição da serrapilheira e, por consequência, o processo de decomposição da matéria orgânica ocasionam a liberação de ácidos orgânicos, como resultado, tem-se o aumento do nível de acidez do solo (MAFRA et al., 2008).

A lixiviação de cátions básicos também se torna justificativa para alta acidez do solo (Silva, 2021), ou seja, os ambientes se encontram sobre considerável altitude, o que provoca a lixiviação de cátions básicos, que, em sua ausência, possibilitam ao solo se manterem em estado ácido devido ao acúmulo e manutenção de cátions ácidos.

O P, em contrário ao pH, apenas se relacionou a dois traços, AF e AFE, de acordo com Somavilla et al. (2021), este elemento é um dos nutrientes mais limitantes do crescimento vegetal, além de ser encontrado em poucas quantidades no solo, sendo sua absorção mais relevante ainda na camada úmica do solo e serrapilheira, em que o P é absorvido pela rede de raízes superficiais (ESPIG et al., 2009). O Ca^{2+} do mesmo modo que o P, é um elemento pouco disponível na solução do solo, onde a sua absorção é dada principalmente nas camadas úmicas (manta orgânica) e serrapilheira do solo, por meio da rede de raízes superficiais.

O elemento Ca^{2+} apresentou uma relação significativa entre os traços de ALT, AFE, EF e TMSF, confirmando a importância desta substância para as espécies que investem nestes traços, podendo referenciar a estratégia conservativa. Além do mais, concentrações consideráveis de Ca^{2+} foram identificadas na biomassa foliar de espécies florestais por Lima et al. (2018), ao estudar a eficiência nutricional de plantas na mesma área ANC desta pesquisa, reforçando a importância deste elemento para as funções do organismo vegetal e, conseqüentemente, para sua função na comunidade.

É importante mencionar que as concentrações dos nutrientes encontrados na solução do solo são bem inferiores às encontradas na biomassa de ambas áreas, ANC e AC, as quais foram identificadas por Lima et al. (2018) e Lima et al (2019), ao estudarem a relação nutricional solo-floresta no mesmo ambiente ANC desta pesquisa, reforçando que o solo pouco contribui para a nutrição das espécies florestais, sendo suas necessidades nutricionais supridas pela própria serrapilheira,

como também pela manta orgânica.

A presença de Mg^{2+} encontrada no solo da área AC foi superior ao ambiente ANC, nesta pesquisa, este componente químico apresentou relação ao TMSF para as espécies do ambiente ANC. Em processo de funcionamento fisiológico, o Mg^{2+} apresenta relação direta com a fotossíntese, onde o mesmo é átomo central da molécula de clorofila, essencial para a fotossíntese (ANDRADE, 2010). Segundo Taiz; Zieger (2004), de 6 a 25% da quantidade total de Mg^{2+} no indivíduo vegetal, encontra-se compondo as moléculas de clorofila. Além do mais, também apresenta a função de regulação do pH celular e no balanço de cátions e ânions, além de que, nas folhas, este elemento apresenta forte relação aos pectatos na parede celular (ANDRADE, 2010).

Entre os traços funcionais, o K^+ apresentou relação apenas para a AF. Este elemento químico foi o menor em valor de concentração na solução do solo, seguido pelo Mg^{2+} , estas baixas concentrações podem ter influenciado no resultado das análises, restringindo sua relação com os demais traços funcionais. O K^+ é um nutriente muito importante que faz parte dos cátions básicos, entretanto, vários autores já identificaram este elemento como o de menor disponibilidade na solução do solo, em relação aos demais cátions (ESPIG et al., 2009; SILVA et al., 2018; ALMEIDA, 2021).

No organismo vegetal, o K^+ , fisiologicamente, apresenta funções regulatórias, podendo citar: ativação enzimática, balanço de cátion/ânions, abertura e fechamento dos estômatos, controle hídrico, transporte de açúcares, produção de ATP, síntese de proteínas, dentre outras funções (KERBAUY, 2004).

Nesta pesquisa, as baixas concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} , além dos outros cátions bases, o elevado teor de acidez do solo pelo baixo valor de pH e a alta deposição de serrapilheira justificam a concentração de Al^{3+} nas áreas. Resultado também encontrado por Lima et al. (2010), ao avaliar a variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração, como também por Silva et al. (2018), ao avaliar a fertilidade do solo como preditor da distribuição geoespacial de espécies florestais em regeneração natural no Brasil.

5 CONCLUSÕES

Ambas áreas apresentam contextos e estratégias de uso de recursos distintos, divergindo entre os traços e os estimadores de diversidade funcional.

O ambiente ciliar apresentou os maiores valores de média para os traços funcionais, confirmando a sua contribuição para os traços funcionais de maiores dimensões, além de expor uma diversidade mais equilibrada, em termos estruturais e funcionais, refletindo em maior homogeneidade de investimento em traços diversificados pelo conjunto de espécies funcionalmente distintas.

O ambiente ciliar se destaca, constituindo um maior espaçamento entre indivíduos, maior uniformidade funcional, homogeneidade entre a abundância e baixa diferenciação entre os grupos ecológicos, proporcionando maior resiliência para a comunidade.

O maior teor de recurso hídrico no ambiente ciliar pode estar colaborando para o comportamento plástico das espécies, alterando a distribuição nutricional do solo.

O ambiente não ciliar apresenta contexto ambiental local de alta competitividade pelo uso dos recursos, os quais são fortemente investidos em desenvolvimento vertical, proporcionando uma sutil fragilidade à estrutura da comunidade. Além de apresentar a tendência de agrupamento por traços funcionais.

O ambiente não ciliar apresentou maiores valores de divergência funcional e equitabilidade funcional. A abundância de indivíduos pode estar proporcionando a alta plasticidade.

A fertilidade do solo de ambas áreas é muito baixa, que, por si só, pouco contribui para modificações dos traços funcionais, como também para as estratégias funcionais, cujas comunidades atendem a sua exigência nutricional por meio de nutrientes advindos da serrapilheira e da manta orgânica do solo.

6 REFERÊNCIAS

- AERTS, R.; CHAPIN, F. S. The Mineral Nutrition of Wild Plants Revisited: a re-evaluation of processes and patterns. **Advances in Ecological Research**, v. 30, n. 1 p. 1 - 67, 1999.
- AGRAWAL, A. A.; FISHBEIN, M. Plant defense syndromes. **Ecology**, v. 87, n. 7, p. 132 - 149, 2006.
- ALBERT, C. H. et al. When and how should intraspecific variability be considered in trait-based plant ecology? **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 13, n. 3, p. 217 - 225, 2011.
- ALBERTI, G. et al. Tree functional diversity influences belowground ecosystem functioning. **Applied Soil Ecology**. v. 120, n. 1, p. 160-168, 2017.
- ALMEIDA, D. M. **Atributos do solo como indicadores da distribuição de espécies florestais**. 2021. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil, 2021.
- ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANDRADE, M. L. F. **Deficiência nutricional em três espécies florestais nativas brasileiras**. 2010. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- APAC - **AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA**. 2021. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br>, acesso em: 30 de nov. de 2021.
- APARECIDO, C. F. F.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H.; LIMA, R. C. Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 239 - 256, 2016.
- ARAUJO, R. C. C. **Fatores climáticos e edáficos direcionam a variação fenotípica em populações vegetais em ambiente semiárido**. 2021. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia e Conservação, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2021.
- BABA, R. K.; VAZ, M. S. M. G.; COSTA, J. Correção de dados agrometeorológicos utilizando métodos estatísticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 4, p. 515 - 526, 2014.
- BASTOS, K. V. L. S. et al. Determinação da área foliar específica de diferentes espécies de três fitofisionomias do Pantanal Sul. **Ambiência**, Guarapuava, v. 15, n. 3, p. 695 - 712, 2019.
- BLOOM, A. J.; CHAPIN, F. S.; MOONEY, H. Resource limitation in plants-an Economic analogy. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 16, n. 1, p. 363 - 392, 1985.

BRASIL, J.; HUSZAR, V. L. M. O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton continental. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 4, p. 799 – 834, 2011.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Revoga a Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Planalto**, 2012.

BRITO, F. B. et al. Herbicidas no alto Rio Poxim, Sergipe e os riscos de contaminação dos recursos hídricos. **Revista de Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 390 - 398, 2012.

BROUWER, R. Some aspects of the equilibrium between overground and underground plant parts. In: **Jaarb Inst Biol Scheikd Onderzoek (IBS)**, p. 31 - 39, 1963.

BRUNO, J. F.; STACHOWICZ, J. J.; BERTNESS, M. D. Inclusion of facilitation into ecological theory. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 18, n. 3, p. 119 - 125, 2003.

CADOTTE, M. W. et al. Do traits and phylogeny support congruent community diversity patterns and assembly inferences? **Journal of Ecology**, v. 107, n. 5, p. 2065 - 2077, 2019.

CALAÇA, A. M.; GRELLE, V. C. E. Review on studies conducted with functional diversity. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 4, p. 401 - 416, 2016.

CALLAWAY, R. M.; PENNINGS, S. C.; RICHARDS, C. L. Phenotypic plasticity and interactions among plants. **Ecology**, v. 84, n. 5, p. 1115 - 1128, 2003.

CARDOSO, E. L. et al. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 02, p. 613 - 622, 2011.

CHAVES, A. **Importância da mata ciliar (Legislação) na proteção dos cursos hídricos, alternativas para sua viabilização em pequenas propriedades rurais**. Passo Fundo: UPF, 2009.

CIANCIARUSO, M. V. et al. The influence of fire on phylogenetic and functional structure of woody savannas: moving from species to individuals. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 14, n. 3, p. 205 - 216, 2012.

COOK-PATTON, S. C.; BAUERLE, T. L. Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: a literature review. **Journal of Environmental Management**, v. 106, n. 1, p. 85 - 92, 2012.

CORNELISSEN, J. H. C. et al. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 51, n. 4, p. 335 - 380, 2003.

CORNWELL, W. K.; ACKERLY, D. D. Community assembly and shifts in plant trait distributions across an environmental gradient in coastal California. **Ecological Monographs**, Hoboken, v. 79, n. 1, p. 109 - 126, 2009.

CUNHA, A. M.; FONTES, M. P. F.; LANI, J. L. Mineralogical and chemical attributes of soils from the Brazilian Atlantic Forest domain. **Scientia Agricola**, v. 76, n. 1, p. 82 - 92, 2019.

CYLE, K. T. et al. Substrate quality influences organic matter accumulation in the soil silt and clay fraction. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 103, p. 138 - 148, 2016.

DEXTER, K. G. et al. Inserting tropical dry forests into the discussion on biome transitions in the tropics. **Frontiers in Ecology and Evolution**, Reino Unido, v. 6, n. 1, p. 104 - 111, 2018.

DIAS, D. L. **Composição funcional e variação espaço-temporal da assembleia de macrófitas aquáticas do reservatório da usina hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (Tocantins)**. 2020. 87 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade, Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional - TO.

DÍAZ, S.; CABIDO, M. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 16, n. 11, p. 646 – 655, 2001.

DIAZ, S.; CABIDO, M.; CASANOVES, F. Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. **Journal of Vegetation Science**, v. 9, n. 1, p. 113 - 122, 1998.

DÍAZ-PASCACIO, E.; ORTEGA-ARGUETA, A.; CASTILO-UZCANCA, M. M.; RAMÍREZ-MARCIAL, N. Influence of land use on the riparian zone condition along an urban-rural gradient on the Sabinal River, Mexico. **Botanical Sciences**, v. 96, n. 2, p. 180 - 199, 2018.

DONOVAN, L. A. et al. The evolution of the worldwide leaf economics spectrum. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 26, n. 2, p. 88 - 95, 2011.

DOSTÁL, P. et al. No evidence for larger leaf trait plasticity in ecological generalists compared to specialists. **Journal of Biogeography**, v. 44, n. 3, p. 511 - 521, 2017.

DUFFY, J. E.; GODWIN, C. M.; CARDINALE, J. B. Biodiversity effects in the wild are common and as strong as key drivers of productivity. **Nature**. v.549, n. 1, p. 261 - 264, 2017.

DUQUE, J. B. O. **Funcionalidade das vegetações ripárias como amortecedores de atividades agropecuárias**. 2020. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais –IFMG, Bambuí-MG, 2020.

DYBALA, K. E.; MATZEK, V.; GARDALI, T.; SEAVY, N. E. Carbon sequestration in riparian forests: a global synthesis and meta-analysis. **Global Change Biology**, v. 25, n.1, p. 57 - 67, 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação – SPI; Rio de Janeiro-RJ: Embrapa Solos, p. 353, 2013.

ESPIG, S. A. et al. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 949 - 956, 2009.

FALCÃO, H. M. et al. Phenotypic plasticity and ecophysiological strategies in a tropical dry forest chronosequence: a study case with poincianella pyramidalis. **Forest Ecology and Management**, v. 340, n. 1, p. 62 - 69, 2015.

FERNANDES, J. F. **Variação de atributos funcionais e sua influência no desempenho de espécies arbóreas reintroduzidas em áreas degradadas**. 2018. 114 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa -MG, v. 28, n. 4, p. 617- 623, 2004.

FERREIRA, P. S. M.; LOPES, S. F.; TROVÃO, D. M. B. M. Patterns of species richness and abundance among cactus communities receiving different rainfall levels in the semiarid region of Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 4, p. 569 - 576, 2016.

FIGUEIREDO, V; ENRICH P., A.; RÜTTING, T. Soil organic matter content controls gross nitrogen dynamics and N₂O production in riparian and upland boreal soil. **European Journal of Soil Science**, v. 67, n. 6, p. 782 - 791, 2016.

FILSTRUP, C. et al. Cyanobacteria dominance influences resource use efficiency and community turnover in phytoplankton and zooplankton communities. **Ecology Letters**. v.17, n. 1, p. 464 - 474, 2014.

GAGIC, V. et al. Functional identity and diversity of animals predict ecosystem functioning better than species-based indices. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1801, p. 1 - 28, 2015.

GANDOLFI, S.; LEITAO FILHO, H. D. F.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995.

GARNIER, E. et al. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. **Ecology**, v. 85, n. 9, p. 2630 - 2637, 2004.

GARNIER, E.; NAVAS, M. L.; GRIGULIS, K. Plant functional diversity: organism traits, community structure, and ecosystem properties. **Oxford University Press**, Oxford New York, NY, 2016.

GARNIER, E.; POORTER, H. **Ecological significance of inherent variation in relative growth rate and its components**. in: Functional Plant Ecology, second edition. crc press, 2007.

GAUSE, G.F. **The struggle for existence**. Hafner Publishing Company. New York, NY. 1934.

GUEDES, D.; BARBOSA, L. M.; MARTINS, S. E. Composição florística e estrutura fitossociológica de dois fragmentos de floresta de Restinga no Município de Bertioga, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasilica** v. 20, n. 2, p. 299 - 311, 2006.

GOWER, J. C. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**, v. 27, n. 4, p. 857 - 871, 1971.

GRATANI, L. Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. **Advances in Botany**, v. 2014, p. 1-17, 2014.

GUERRA, A.; SCREMIN-DIAS, E. Leaf traits, sclerophylly and growth habits in plant species of a semiarid environment. **Brazilian Journal of Botany**, v. 41, n. 1, p. 131 - 144, 2018.

GUO, K. et al. Trait dependent roles of environmental factors, spatial processes and grazing pressure on lake phytoplankton metacommunity. **Ecological Indicators**. v. 103, n. 1, p. 312 – 320, 2019.

GUZMÁN, L. C.; BAKKER, Y. V.; RODRIGUES, A. C. Convergência de atributos funcionais e plasticidade fenotípica entre diferentes fitofisionomias dos Cerrados. **Ecologia**, São Paulo: UNICAMP, p. 111–124, 2013.

HARDLE, W.; SIMAR, L. **Applied multivariate statistical analysis**, 2ª Ed. Berlin: Springer, p. 455 – 472, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: CDDI/IBGE, p. 271, 2012.

JAGER, M. M. et al. Soil fertility induces coordinated responses of multiple independent functional traits. **Journal of Ecology**, v.103, n. 2, p. 374 - 385, 2015.

KEDDY, P. A. **Plants and vegetation. Origins, processes, consequences**. Cambridge University Press, Cambridge, p. 126 – 185, 2007.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 57, 2004.

KRAFT, N. J. B. et al. Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor. **Functional Ecology**, v. 29, n. 5, p. 592 - 599, 2015.

KUTZMY, A. M.; ANTONELI, V.; MAGANHOTTO, R. F. Características da mata ciliar em diferentes usos da terra e os conflitos de usos em faxinal. **Boletim de Geografia, Maringá**, v. 37, n. 1, p. 32 - 49, 2019.

LACERDA, A. V.; BARBOSA, F. M. Riparian vegetation structure in a conservation unit in the semi-arid region of Paraíba, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 2, p. 01 - 10, 2020.

LALIBERTÉ, E.; LEGENDRE, P. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. **Ecology**, v. 91, n. 1, p. 299 - 305, 2010.

LANG, B. et al. Intraspecific trait variation patterns along a precipitation gradient in Mongolian rangelands. **Flora**, v. 254, n. 1, p. 135 -146, 2019.

LAUGHLIN, D. C. Applying trait-based models to achieve functional targets for theory-driven ecological restoration. **Ecology Letters**, v. 17, n. 1, p. 771-784, 2014.

LAVOREL, S., et al. A novel framework for linking functional diversity of plants with other trophic levels for the quantification of ecosystem services. **Journal of Vegetation Science**, v. 24, n. 5, p. 942 - 948, 2013.

LAVOREL, S.; MCINTYRE, S.; LANDSBERG, J.; FORBES, T. D. A. Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 12, n. 1, p. 474 - 478, 1997.

LÁZARO-NOGAL, A. et al. Environmental heterogeneity leads to higher plasticity in dry-edge populations of a semi-arid chilean shrub: insights into climate change responses. **Journal of Ecology**, v. 103, n. 2, p. 338 - 350, 2015.

LEBRIJA-TREJOS, E. et al. Functional traits and environmental filtering drive community assembly in a species-rich tropical system. **Ecology**, v. 91, n. 2, p. 386 - 398, 2010.

LEIGHT, A. et al. Do thick leaves avoid thermal damage in critically low wind speeds? **New Phytologist**, v. 194, n. 2, p. 477 - 487, 2012.

LEPS, J.; DE BELLO, F.; LAVOREL, S.; BERMAN, S. Quantifying and interpreting functional diversity of natural communities: practical considerations matter. **Preslia**, v. 78, n. 4, p. 481 - 501, 2006.

LETCHER, S. G. et al. Environmental gradients and the evolution of successional habitat specialization: a test case with 14 neotropical forest sites. **Journal of Ecology**, v. 103, n. 5, p. 1276 - 1290, 2015.

LEUSCHNER, C.; MEIER, I. C. The ecology of central european tree species: trait spectra, functional trade-offs, and ecological classification of adult trees. perspectives in plant ecology, **Evolution and Systematics**, v. 33, n. 1, p. 89 - 103, 2018.

LIMA, D. A. S. **Influência da mata ciliar na qualidade de água na bacia do Ribeirão Lajeado - TO**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2010.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 127 - 136, 2010.

LIMA, M. S. et al. Solos florestais em fragmento de floresta urbana na mata de Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 542 - 553, 2018.

LIMA, R. B. A. **Estrutura, regeneração natural e ciclagem de nutrientes em floresta ombrófila densa das terras baixas, na zona da mata de Pernambuco**. 2017. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LIMA, R. B. A. et al. Nutritional efficiency of plants as an indicator of forest species for the restoration of forests, Brazil. **Scientia Forestalis**, v. 46, n. 119, p. 415 - 426, 2018.

LIMA, R. B. A. et al. Structure and diversity in ombrophilous forest in the Zona da Mata of Pernambuco. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 2, p. 1 - 12, 2019.

LIU, L.; GUNDERSEN, P.; ZHANG, T.; MO, J. Effects of phosphorus addition on soil biomass and community composition in three forests types in tropical China, **Soil Biology and Biochemistry**, v. 44, n. 1 p. 31 - 38, 2012.

LOHBECK, M. et al. Functional trait strategies of trees in dry and wet tropical forests are similar but differ in their consequences for succession. **Plos One**, v. 10, n. 4, p. 37 - 41, 2015.

MAFRA, A. L. et al. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 217 - 224, 2008.

MAGNAGO, L. F. S., MARTINS, S. V., SCHAEFER, C. E. G. R., NERI, A. V. Gradiente fitofisionômico-edáfico em formações florestais de Restinga no sudeste do Brasil. **Acta Bot. Bras.** v. 24, n. 3, p. 1 – 13, 2010.

MAGNAGO, L. F. S.; MARTINS, S. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; NERI, A. V. Structure and diversity of restingas along a flood gradient in southeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 4, p. 801 - 809, 2013.

MAO, L. et al. The geographic and climatic distribution of plant height diversity for 19,000 angiosperms in China. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 1, p. 487 - 502, 2020.

MARACAHIPES, L. et al. how to live in contrasting habitats? acquisitive and conservative strategies emerge at inter- and intraspecific levels in savanna and forest woody plants. perspectives in plant ecology, **Evolution and Systematics**, v. 34, n. 1, p. 17 - 25, 2018.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Minas Gerais: Aprenda Fácil Editora, p. 219, 2014.

MASON, N. W. H.; MOUILLOT, D.; LEE, W. G.; WILSON, J. B. Functional richness, functional and functional evenness divergence: the primary of functional components diversity. **Oikos**, v. 111, n. 1, p. 112 - 118, 2005.

MASON, T. J.; FRENCH, K. Management regimes for a plant invader differentially impact resident communities. **Biological Conservation**, v. 136, n. 2, p. 246 - 259, 2007.

MCLEAN, E. H. et al. Plasticity of functional traits varies clinally along a rainfall gradient in *Eucalyptus tricarpa*. **Plant, Cell & Environment**, v. 37, n. 6, p. 1440 - 1451, 2014.

MEDEIROS, S. S. et al. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, p. 103. 2012.

MELLO, K.; RANDHIR, T. O.; VALENTE, R. A.; VETTORAZZI, C. A. Riparian restoration for protecting water quality in tropical agricultural watersheds. **Ecological Engineering**, v. 108, n. 1, p. 514 - 524, 2017.

MENEZES, L. F. T.; ARAUJO, D. S. D. Formações vegetais da Restinga da Marambaia. p. 67-120. In: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAUJO, D. S. D. (orgs.) **História Natural da Marambaia**. Seropédica, Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2005.

MIATTO, R. C.; BATALHA, M. A. Leaf chemistry of woody species in the Brazilian Cerrado and seasonal forest: response to soil and taxonomy and effects of decomposition rates. **Plant Ecology**, v. 217, n. 1, p. 1467 - 1479, 2016.

MISSIO, F. F. et al. Atributos funcionais de espécies arbóreas em um fragmento de floresta ombrófila mista em Lages, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 215 - 224, 2017.

MITCHELL, R. M; BAKKER, J. D. Intraspecific trait variation driven by plasticity and ontogeny in *Hypochaeris radicata*. **Plos one**, v. 9, n. 10, p. 258 - 269, 2014.

MOLES, A. T. Being John Harper: Using evolutionary ideas to improve understanding of global patterns in plant traits. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 1, p. 1 - 18, 2018.

MONTEIRO, J. E. et al. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 15 - 24, 2005.

MORRIS, H. et al. Vessel diameter is related to amount and spatial arrangement of axial parenchyma in woody angiosperms. **Plant Cell Environ.** v. 41, n. 1, p. 245 - 260, 2018.

MOUCHET, M. A.; VILLÉGER, S.; MASON, N. W. H.; MOUILLOT, D. Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. **Functional Ecology**, v. 24, n. 4, p. 867 - 876, 2010.

MUSCARELLA, R.; URIARTE, M. Do community-weighted mean functional traits reflect optimal strategies? **Royal Society Publishing**, Londres, v. 283, n. 1, p. 1 - 9, 2016.

NICOTRA, A. B. et al. Plant phenotypic plasticity in a changing climate. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 12, p. 684 - 692, 2010.

NOCK, C. A.; VOGT, R. J.; BEISNER, B. E. Functional traits. in **John Wiley & Sons Ltd** (ed.), p. 1 - 8, 2016.

OLIVEIRA, L. Z. et al. Towards the fulfillment of a knowledge gap: wood densities for species of the subtropical atlantic forest. **Data**, v. 4, n. 3, p. 104 - 114, 2019.

OLIVEIRA, T. J. F. et al. Banco de sementes do solo para uso na recuperação de matas ciliares degradadas na região noroeste fluminense. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 206 - 217, 2018.

OTTAVIANI, G. et al. A multifaceted approach for beech forest conservation: environmental drivers of understory plant diversity. **Flora**, v. 256, n. 1, p. 85 - 91, 2019.

PARMIGIANI, R. **Diversidade funcional ao longo de um gradiente de estresse: um estudo de caso na restinga**. 2018. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

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

PETCHEY, O. L.; EVANS, K. L.; FISHBURN, I. S.; GASTON, K. J. Low functional diversity and no redundancy in British avian assemblages. **Journal of Animal Ecology**, v. 76, n. 5, p. 977 - 985, 2007.

PIERCE, S. et al. A global method for calculating plant CSR ecological strategies applied across biomes world-wide. **Functional Ecology**, v. 31, n. 1, p. 444 - 457, 2017.

PINO, F. A. A questão da não normalidade: uma revisão. **Rev. de Economia Agrícola**, v. 61, n. 2, p. 17 - 33, 2014.

POORTER, H. et al. Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis. **New Phytologist**, v. 182, n. 1, p. 565 - 588, 2009.

READ, Q. D. et al. Convergent effects of elevation on functional leaf traits within and among species. **Functional Ecology**, v. 28, n. 1, p. 37 - 45, 2014.

REICH, P. B. The world-wide 'fast-slow' plant economics spectrum: a traits manifesto. **Journal Of Ecology**, v. 102, n. 2, p. 275 - 301, 2014.

REISS, J.; BRIDLE, J.R.; MONTOYA, J.M.; WOODWARD, G. Emerging horizons in biodiversity and ecosystem functioning research. **Trends Ecol. Evol.** v. 24, n. 1, p. 505 - 514, 2009.

RIBEIRO, E. M. S. et al. Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 3, p. 611 - 620, 2015.

RIBEIRO-NETO, J. D.; ARNAN, X.; TABARELLI, M.; LEAL, I. R. O distúrbio antropogênico crônico causa homogeneização de comunidades de plantas e formigas na Caatinga brasileira. **Environmental Conservation**, v. 25, n. 11, p. 943 - 956, 2016.

RICARDO, V. P. **Projeto de recuperação das matas ciliares**. 2008. 30 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Administração) -Faculdade Centro Paulista de Ibitinga –FACEP, São Paulo, p. 10 – 12, 2008.

RICOTTA, C.; MORETTI, M. CWM and rao's quadratic diversity: a unified framework for functional ecology. **Oecologia**, v. 167, n. 1, p. 181 - 188, 2011.

ROSA, M. D. A relevância ambiental das áreas de preservação permanente e sua fundamentação jurídica. **Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, Macapá, v. 26, n. 3, p. 83 - 95, 2011.

ROSENFELD, M. F.; MÜLLER, S. C. Ecologia funcional como ferramenta para planejar e monitorar a restauração ecológica de ecossistemas. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 3, p. 550 - 565, 2020.

ROZENDAL, D. M. A.; HURTADO, V. H.; POORTER, L. Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light; relationships with light demand and adult stature. **Functional Ecology**, v. 20, n. 1, p. 207 - 216, 2006.

SALAZAR, P. C. et al. Intraspecific leaf functional trait variability of eight *Prosopis pallida* tree populations along a climatic gradient of the dry forests of northern Peru. **Journal of Arid Environments**, v. 152, n. 1, p. 12 - 20, 2018.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, p. 356, 2018.

SANTOS, J. N. B. **Variação do gradiente topográfico na diversidade de espécies arbórea-arbustivas em floresta tropical sazonalmente seca**. 2020. 145 f. Tese (Doutorado em Ciências florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SCHMIDT, M. W. et al. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. **Nature**, v. 478, n. 7367, p. 49 - 56, 2011.

SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria Florestal**: medição e volumetria de árvores. Lavras: UFLA/FAEPE, p. 310, 2008.

SETUBAL, R. B.; SODRÉ, E. O.; MARTINS, T.; BOZELLI, R. L. Effects of functional diversity and salinization on zooplankton productivity: an experimental approach. **Hydrobiologia**, v. 847, n. 983, p. 2845 - 2862, 2020.

SHIPLEY, B. et al. Reinforcing foundation stones in trait-based plant ecology. **Oecologia**, v. 180, n. 4, p. 923 - 931, 2016.

SILVA V. F. **Diversidade funcional de espécies arbóreas dominantes na borda e interior de um fragmento de mata atlântica em Pernambuco**. 2016. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SILVA, M. A. M. **Estratégias funcionais de plantas arbóreas em uma cronossequência na floresta tropical úmida**. 2015. 95 f. Tese (Doutorado em Ciências florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SILVA, M. I. O. **Indicadores ecológicos e edáficos na avaliação de áreas ciliares em processo de restauração florestal**. 2021. 146 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2021.

SILVA, R. K. S. et al. Soil fertility as a predictor of the geospatial distribution of forest species in natural regeneration in Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 19, n. 4, p.1 - 18, 2018.

SILVA, V. F. **Padrões e processos ecológicos relacionados à montagem de comunidades no semiárido tropical brasileiro**. 2020. 102 f. Tese (Doutorado em Ciências florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SOBOLESKI, V. F. et al. Variação de atributos funcionais do componente arbóreo em função de gradientes edáficos em uma floresta nebulosa no sul do Brasil. **Rodriguésia**, v. 68, n. 2, p. 291 - 300, 2017.

SOBRINHO, L. F. **Processos ecológicos em áreas de restauração florestal na zona da mata sul de Pernambuco**. 2019. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SOMAVILLA, A. et al. Phosphate fertilization and liming in a trial conducted over 21 years: A survey for greater forage production and Pampa pasture conservation. **European Journal of Agronomy**, v. 125, 126259, 2021.

SOUZA, M. L. et al. Climatic factors shaping intraspecific leaf trait variation of a neotropical tree along a rainfall gradient. **Plos One**, v. 13, n. 12, p. 12 - 23, 2018.

STEARNS, S. C. Trade-offs in life-history evolution. **Functional Ecology**, v. 3, n. 3, p. 259 - 268, 1989.

SU, C.; LIU, H.; WANG, S. A process-based framework for soil ecosystem service study and management. **Science of the Total Environment**, v. 627, n. 1, p. 282 - 289, 2018.

SULTAN, S. E. Promising directions in plant phenotypic plasticity. Perspectives in plant ecology, **Evolution and Systematics**, v. 6, n. 4, p. 227 - 233, 2004.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2004.

TAKASHIMA, T.; HIKOSAKA, K.; HIROSE, T. Photosynthesis or persistence: nitrogen allocation in leaves of evergreen and deciduous quercus species. **Plant, Cell and Environment**, v. 27, n. 8, p. 1047 - 1054, 2004.

TILMAN, D. Functional diversity. In: LEVIN, S. A. (Eds.). **Encyclopedia of Biodiversity**, Academic Press, p. 109 – 120, 2001.

TURUNEN, J. N.; MARKKULA, J.; RAJAKALLIO, M.; AROVIITA, J. Riparian forests mitigate harmful ecological effects of agricultural diffuse pollution in medium-sized streams. **Science of the Total Environment**, v. 649, n. 462, p. 495 - 503, 2019.

VALLADARES F. et al. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rainforest. **Ecology**, v. 81, n. 5, p. 1925 - 1936, 2000.

VALLADARES, F. et al. Shade tolerance, photoinhibition sensitivity and phenotypic plasticity of *Ilex aquifolium* in continental-Mediterranean sites. **Tree Physiology**, v. 25, n. 8, p. 1041 - 1052, 2005.

VARGAS, J. P. R. et al. Application forms and types of soil acidity corrective: Changes in depth chemical attributes in long term period experiment. **Soil and Tillage Research**, v.185, n. 65, p.47 - 60, 2019.

VILLÉGER, S.; MASON, N. W. H.; MOUILLOT, D. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. **Ecology** v. 89, n. 1, p. 2290 - 2301, 2008.

VIOLLE, C. et al. Let the concept of trait be functional. **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882 - 892, 2007.

VITARELLI, N. C. **Morfoanatomia foliar da reófito facultativa *Psychotria carthagenensis* Jacq. (Rubiaceae)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 299 - 326, 2006.

VOGEL H., ZAWADZKI C.; METRI R. Florestas Ripárias: Importância e principais ameaças. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 4, n. 1, p. 16 - 24, 2012.

WEBB, J. A.; STEWARDSON, M. J.; KOSTER, W. M. Detecting ecological responses to flow variation using Bayesian hierarchical models. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 1, p. 108 - 126, 2010.

WRIGHT, L. J. et al. The worldwide leaf economics spectrum. **Nature**, v. 428, n. 6985, p. 821 - 827, 2004.

ZORGER, B. B. et al. Functional organization of woody plant assemblages along precipitation and human disturbance gradients in a seasonally dry tropical forest. **Biotropica**, v. 51, n. 6, p. 838 - 850, 2019.

ZUQUIM, G. et al. Predicting environmental gradients with fern species composition in Brazilian Amazonia. **Journal Of Vegetation Science**, v. 25, n. 5, p. 1195 - 1207, 2014.