

WEYDSON NYLLYS CAVALCANTE RAULINO

**CONTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS PARA A CICLAGEM DE
NUTRIENTES EM FLORESTAS TROPICAIS SECA E ÚMIDA**

**RECIFE
Pernambuco - Brasil
Fevereiro-2019**

WEYDSON NYLLYS CAVALCANTE RAULINO

**CONTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS PARA A CICLAGEM DE
NUTRIENTES EM FLORESTAS TROPICAIS SECA E ÚMIDA**

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, Área de Concentração: Ecologia e conservação de ecossistemas florestais

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Freire – DEPA/UFRPE

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Fevereiro-2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

R245p Raulino, Weydson Nyllys Cavalcante
Contribuição de espécies arbóreas para a ciclagem de nutrientes
em florestas tropicais seca e úmida / Weydson Nyllys Cavalcante
Raulino. – 2019.
88 f.: il.

Orientador: Fernando José Freire.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais,
Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências.

1. Plantas - Nutrição 2. Florestas tropicais 3. Biomassa
4. Biodiversidade 5. Solos florestais - Fertilização I. Freire,
Fernando José, orient. II. Título

CDD 634.9

WEYDSON NYLLYS CAVALCANTE RAULINO

**CONTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS PARA A CICLAGEM DE
NUTRIENTES EM FLORESTAS TROPICAIS SECA E ÚMIDA**

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Izabel Cristina de Luna Galindo
(Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE/DEPA)
Membro Titular

Prof. Dr. Ademir Oliveira Ferreira
(Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE/DEPA)
Membro Titular

Orientador:

Prof. Dr. Fernando José Freire
(Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE/PPGCF)

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Fevereiro - 2019

A minha família. Meus pais, Maria Neumaly Cavalcante de Almeida Raulino e José Elson Felipe Raulino, pelo esforço exaustivo em me proporcionarem a melhor educação. Minhas irmãs Mayra Emelle Cavalcante Raulino e Mayne Eville Cavalcante Raulino, pelo companheirismo, os momentos de descontração. As minhas Tias (Avós, Mães e Pais) Maria Ildaci Cavalcante e Maria Neuraci Cavalcante, por terem me acompanhado desde sempre me instruindo, torcendo e auxiliando sempre que foi preciso.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus – único, eterno, imutável, imaterial, onipotente, soberanamente justo e bom, infinito em todas as perfeições.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pelo amparo, por toda a experiência de vida e crescimento profissional proporcionados, durante o Mestrado.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pelo acolhimento, preparo e formação durante a graduação.

Ao Programa de Pós-Graduação Ciências Florestais (PGCF), em especial ao Prof. Luiz Carlos Marangon e a Prof. Lúcia de Fatima C. Chaves, pela coordenação do Programa durante mestrado. A secretária, Juliana Pereira pela disponibilidade. Pela infraestrutura, apoio e recursos recebidos. Pelo seu corpo docente, principalmente, aos professores Luiz Carlos Marangon e Ana Lúcia P. Feliciano, José A. Aleixo da Silva, Fernando José Freire e Ana Carolina Borges Lins e Silva. A eles, pelos conhecimentos dedicados e compartilhados.

Ao meu orientador, Fernando José Freire, pela confiança, orientação, respeito à docência, dedicação, paciência e incentivo, exemplo a seguir, poucas vezes em minha trajetória conheci alguém tão dedicado a profissão, que demonstra muito apreço pela missão de ensinar, me inspirando muito.

Ao CNPq pelo financiamento parcial do Projeto guarda-chuva “Energia de biomassa em Pernambuco: Impactos ambientais e alternativas sustentáveis, o PROMASSA” ao qual essa Dissertação é parte.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Estação Experimental de Araripina, pela infraestrutura à disposição, em especial, ao seu supervisor José Alves Tavares e ao funcionário Osmínio.

Ao proprietário rural, Sebastião, e ao Comando Militar do Nordeste (CMNE) pela cessão das áreas para realização dessa pesquisa. Aos mateiros, Daniel Pereira, Joel Pereira e Marcos Araújo.

Ao Cenapesq da UFRPE pela orientação, concessão do uso de equipamentos e vidrarias. Principalmente ao seu diretor, o prof. Dr. Carlos Guaraná e aos técnico-administrativos, Marcelo Andrade, José Júlio Ferreira Júnior e a Patrícia Souza.

Ao LAMEP/ITEP, em especial a Wanderson dos Santos Sousa, pela confiança, disponibilidade e cessão dos dados climáticos.

Ao Laboratório de Química do Solo, coordenado pela Profa. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire, exemplo de profissionalismo. A todos que por lá passaram, da graduação a pós. Em especial, à Danúbia Lima, Flávio José, Alcione Guimarães, Hidelblandi Farias, Jannyele Lemos, Emanuelle da Silva, Guilherme, Ariane Márcia, César Borges e Ane Fortes.

Aos estagiários, Geysianne Moraes, Giovana Melo, Matheus Trajano, Irlan Campelo, Kassia Maria, Hellen Silva e Rayanne, pela disponibilidade e empenho em me ajudar na execução desse projeto.

A Aglair Cardozo, pela ajuda na infraestrutura de outros laboratórios para a realização de análises e o acompanhamento em muitos momentos, também pela amizade e pelos momentos agradáveis de convivência e exemplo de alegria e positividade.

Ao Laboratório de Microbiologia do solo, e ao professor Emídio Cantídio pela disponibilidade de uso de equipamentos, bom como ao laboratório de química ambiental com a ajuda da técnica Simone.

A todos os discentes do PGPCF, principalmente, aos colegas de disciplinas, Yana Lopes, Giselle Moreira, César Borges, Josias Lucena, Lúcia Rodrigues, Adão Batista, Lucidalva Sobrinho e Ane Fortes.

A Cleudagênia Modesto dos Santos e Lucilano Lima Gomes, bem como Maria Gorete Felipe Raulino e José Ademir Machado Nogueira, por em momentos da minha formação terem contribuído essencialmente para a realização deste sonho.

À Edilane Assunção, pessoa indispensável a confecção dessa Dissertação. Pela alegria em ter alguém tão dedicada a esse projeto. Que, embora seja de uma área tão distante das Agrárias, está sempre disposta ao aprendizado. Lhe desejo muito sucesso em sua vida profissional.

Aos professores, doutores, mestres e funcionários que direta ou indiretamente e outras pessoas aqui não mencionadas que contribuíram para realização desta obra.

Aos meus amigos do Laboratório de Dendrologia Marília Isabelle, Diogo Pimentel por estarem sempre dispostos a ajudar no que foi necessário, me instruindo sempre que solicitei, a Diogo também pela ajuda na confecção do mapa e a Marília por todos os conselhos e ajudas durante esse tempo.

A minha avó Maria José Felipe Raulino (*in memoriam*) e minha tia Maria Neuraly Cavalcante “Tia Layla” (*in memoriam*) pela acolhida e pela ajuda em momentos da minha formação.

Aos meus Padrinhos Nazareno Modesto e Do Carmo Cavalcante por todo o apoio durante toda a vida, presenças importantes em toda a minha jornada.

A todos os meus familiares, primos, tios, pelo apoio e ensinamentos.

Em último e não menos especial aos meus amigos, vizinhos e familiares de coração da “Villa Forest”, Nathan Castro Fonseca, Lucidalva Ferreira Sobrinho, José Nailson Barros Santos e Amanda Carnaúba, vocês foram essenciais para o meu sucesso!

Uma dissertação desenvolvida por muitas mãos.

Muito obrigado!

Enquanto o ódio cumpre o rito de ensurdecer o mundo com seus gritos, o amor continua semente que germina sem fazer alarde.

E é assim que crescem as florestas: em profundo estado de silêncio. Quem observa a calma que paira sobre o chão nem imagina a força que está agindo sobre a terra. Embora o ódio tenha mais repercussão, o amor seguirá florescendo, resistindo, calçando raízes em meu coração.

Pe. Fábio de Melo.

RAULINO, WEYDSON NYLLYS CAVALCANTE. **Contribuição de espécies arbóreas para a ciclagem de nutrientes em florestas tropicais seca e úmida.** 2019. Orientador: Fernando José Freire.

RESUMO

A ciclagem de nutrientes é um processo natural, responsável por interações entre a vegetação florestal e o solo. A produção, o acúmulo e a decomposição da serapilheira são as etapas que possibilitam essa ciclagem. Em florestas tropicais esse ciclo se altera com o ambiente florestal. A maior quantidade de serapilheira aportada é de origem foliar, variando nutricionalmente de acordo com a espécie. Estudos que avaliam os teores nutricionais em ecossistemas florestais encontram resultados diferentes quanto a ordem dos nutrientes. Em ambientes tropicais essa diferenciação é observada tanto em florestas secas como úmidas e pode estar relacionada a vegetação. Portanto, a composição das espécies em cada ambiente possui diferente papel na dinâmica dos nutrientes. Assim, foram testadas as seguintes hipóteses: i: o teor, o conteúdo e a eficiência nutricional devem variar entre as espécies e entre ambientes, ii: em ambientes mais férteis a eficiência é mais individualizada entre espécies, iii: os teores nutricionais na floresta seca são maiores que na floresta úmida, no entanto, o aporte de serapilheira é menor; iv: as taxas de decomposição devem variar entre espécies e entre ambientes, na floresta seca a limitação da umidade promove uma decomposição mais lenta. Esse estudo objetiva avaliar a dinâmica da ciclagem de nutrientes em florestas tropicais seca e úmida e a contribuição de cada espécie nesse ciclo, determinando os estoques na biomassa foliar, serapilheira e solo. O trabalho foi realizado em duas áreas com diferentes tipologias, ambas em Pernambuco, uma área de Floresta Atlântica e outra de Caatinga. A composição química, conteúdo, eficiência nutricional, produção e decomposição da serapilheira foram estudadas nas espécies de maior densidade absoluta por meio de estudo fitossociológico. A eficiência de utilização biológica dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg mostrou variação entre os ambientes, apresentando maior eficiência em N e Mg na floresta úmida e para P e K na floresta seca. Na floresta seca, as espécies *Pilocarpus spicatus* e *Guapira opposita* se mostraram importantes para a nutrição; na floresta úmida, *Dialium guianense* se destacou. A produção de serapilheira das espécies no ambiente de floresta seca foi maior que as quantidades coletadas no ambiente de floresta úmida. As espécies *Metrodorea mollis*, *Guapira opposita* e *Brosimum guianense* se destacaram. Nos teores da serapilheira *Dialium guianense* e *Pilocarpus spicatus* foram superiores. O aporte de nutrientes foi influenciado pela biomassa destacando *Metrodorea mollis*, *Guapira opposita* e *Brosimum guianense*. Em ambos os ambientes foi possível identificar espécies que apresentaram padrão diferenciado no processo de decomposição, como *Guapira opposita* e *Brosimum guianense*. Entre ambientes se observou que a decomposição em floresta tropical úmida ocorre em velocidade superior à da floresta seca. Os índices de absorção e utilização foram maiores nas espécies de floresta úmida, enquanto o índice de ciclagem foi superior nas espécies de floresta seca, resultado das relações entre os estoques de nutrientes na biomassa foliar e serapilheira das espécies além dos estoques no solo desses ambientes.

Palavras-chave: Serapilheira, Liberação de nutrientes, Índices de Ciclagem

RAULINO, WEYDSON NYLLYS CAVALCANTE. **Contribution of tree species to nutrient cycling in dry and humid tropical forests. 2019.** Advisor: Fernando José Freire.

ABSTRACT

Nutrient cycling is a natural process, responsible for interactions between forest vegetation and soil. The production, accumulation and decomposition of the litter are the steps that enable this cycling. In tropical forests this cycle changes with the forest environment. The largest amount of litter deposited is of foliar origin, varying nutritionally according to the species. Studies evaluating nutritional contents in forest ecosystems find different results regarding the order of nutrients. In tropical environments this differentiation is observed in both dry and wet forests and may be related to vegetation. Therefore, the composition of the species in each environment has a different role in the nutrient dynamics. Thus, the following hypotheses were tested: i: nutrient content, content and efficiency should vary between species and between environments, ii: in more fertile environments efficiency is more individualized among species, iii: nutritional contents in the dry forest are greater than in the rainforest, however, the contribution of litter is lower; iv: decomposition rates should vary between species and between environments, in the dry forest moisture limitation promotes slower decomposition. This study aims to evaluate the dynamics of nutrient cycling in dry and humid tropical forests and the contribution of each species in this cycle, determining the stocks in leaf biomass, litter and soil. The work was carried out in two areas with different typologies, both in Pernambuco, an area of Atlantic Forest and Caatinga. The chemical composition, content, nutritional efficiency, litter production and decomposition were studied in the species with the highest absolute density by phytosociological study. The biological efficiency of nutrients N, P, K, Ca and Mg showed variation among the environments, presenting higher N and Mg efficiency in the rainforest and for P and K in the dry forest. In the dry forest, the species *Pilocarpus spicatus* and *Guapira opposita* were important for nutrition; in the rainforest, *Dialium guianense* stood out. The litter production of the species in the dry forest environment was higher than the amounts collected in the rainforest environment. The species *Metrodorea mollis*, *Guapira opposita* and *Brosimum Guianense* stood out. The contents of the litter *Dialium guianense* and *Pilocarpus spicatus* were higher. The contribution of nutrients was influenced by the biomass emphasizing *Metrodorea mollis*, *Guapira opposita* and *Brosimum Guianense*. In both environments it was possible to identify species that presented different patterns in the decomposition process, such as *Guapira opposita* and *Brosimum guianense*. Among environments it was observed that decomposition in tropical rainforest occurs at a faster rate than the dry forest. Absorption and utilization rates were higher in rainforest species, while the cycling index was higher in dry forest species, as a result of the relationships between nutrient stocks in leaf biomass and litter of the species, besides the stocks in the soil of these environments.

Keywords: Litter, Nutrient Release, Cycling Index

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Floresta tropical sazonalmente seca (Caatinga)	16
2.2 Floresta tropical úmida (Mata Atlântica)	17
2.3 Biomassa foliar, composição química e eficiência nutricional	19
2.4 Produção, decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Ambientes de estudo	27
3.2 Descrição das espécies estudadas.....	31
3.2.1. <i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae)	31
3.2.2. <i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby (Moraceae)	31
3.2.3. <i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber ex Ducke (Moraceae).....	32
3.2.4. <i>Dialium guianense</i> (Albl.) Sandwith (Fabaceae)	32
3.2.5. <i>Croton limae</i> A.P. Gomes, M.F. Sales P.E. Berry. (Euphorbiaceae).....	33
3.2.6. <i>Metrodorea mollis</i> Taub. (Rutaceae)	33
3.2.7. <i>Pilocarpus spicatus</i> A.St.-Hil (Rutaceae)	33
3.3 Estimativa da biomassa foliar	33
3.4 Teor, estoque de nutrientes e eficiência nutricional das espécies	34
3.5 Produção de serapilheira foliar e aporte de nutrientes	35
3.6 Decomposição do material foliar e liberação de nutrientes	36
3.7 Índices de ciclagem de nutrientes em ambientes de florestas tropicais seca e úmida	
38	
3.7.1 Quantidade de nutrientes capturada na biomassa foliar (Capturado).....	38
3.7.2 Quantidade de nutrientes retornada via deposição de serapilheira (Retornado)	
.....	38
3.7.3 Quantidade de nutrientes estocada no solo (Absorvível)	38
3.7.4 Ciclagem de nutrientes	39
3.8 Análises estatísticas e avaliação dos resultados.	39

4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	NUTRIÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM AMBIENTES DE FLORESTAS TROPICAIS SECA E ÚMIDA	41
4.1.1	Características nutricionais das espécies da floresta tropical seca.....	41
4.1.2.	Características nutricionais das espécies de floresta tropical úmida.....	44
4.1.3.	Características nutricionais das florestas tropicais seca e úmida.....	46
4.2	PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES NAS FLORESTAS TROPICAIS SECA E ÚMIDA.....	48
4.2.1	Variação anual da produção, teores e aporte de nutrientes em espécies de floresta tropical seca	48
4.2.2	Variação anual da produção de serapilheira, teores e aporte de nutrientes em floresta tropical úmida.....	55
4.3	DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES POR ESPÉCIES EM AMBIENTES DE FLORESTAS TROPICAIS SECA E ÚMIDA.....	61
4.3.1	Perda de massa nas espécies de floresta tropical seca.....	61
4.3.2	Perda de massa nas espécies de floresta tropical úmida	63
4.3.3	Perda de massa entre os ambientes de florestas tropicais seca e úmida	64
4.3.4	Liberação de nutrientes nas espécies de floresta tropical seca.....	66
4.3.5	Liberação de nutrientes entre as espécies de floresta tropical úmida.....	69
4.3.6	Liberação de nutrientes entre os ambientes de florestas tropicais seca e úmida	73
4.4	ÍNDICES DE CICLAGEM BIOLÓGICA DE NUTRIENTES	76
5.	CONCLUSÕES.....	78
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

1. INTRODUÇÃO

A ciclagem de nutrientes é um processo natural, responsável por interações entre a vegetação florestal e o solo. Sua relação com os ciclos biogeoquímicos promove a manutenção e diversidade das florestas (COSTA, et al., 2010), sendo responsável por fornecer nutrientes ao solo, colaborando na construção da fração orgânica do ambiente florestal (SELLE 2007; WANG et al., 2013; CEPÁROVÁ, FROUZ 2015).

A ocorrência de solos de baixa fertilidade nas regiões tropicais torna o processo de ciclagem importante nesses ambientes (SANTANA, SOUTO, 2011). A deposição, o acúmulo e a decomposição da serapilheira possibilitam a ciclagem dos nutrientes, gerando diversos processos nos ambientes florestais (PAULA et al, 2009), abrigando a fauna, protegendo as sementes de intempéries, colaborando na regulação da temperatura do solo e contribuindo para evitar sua degradação física (LIMA et al, 2013).

Todas essas fases da ciclagem são afetadas diretamente por mudanças ambientais, o que altera o comportamento desse processo ecossistêmico, interferindo na velocidade em que os nutrientes se tornarão novamente disponíveis, conforme a proporção de atuação das variáveis ambientais no processo.

Dentre as variáveis que conferem alterações na ciclagem de nutrientes estão diversidade, tipologia vegetal, sucessão dos ambientes florestais, características físicas, biológicas e químicas dos solos e o nível de degradação ambiental (CUNHA et al., 2013).

Em florestas tropicais esse ciclo sofre alterações mais intensas pela elevada diversidade de ambientes. Por essa razão, a ciclagem se comportará de maneira divergente de acordo com a formação florestal e os fatores abióticos (CUNHA et al., 2013). Regiões de florestas tropicais úmidas, onde a precipitação é maior, tendem a ter uma produção de serapilheira superior à das florestas tropicais secas de baixa pluviosidade. Enquanto a ciclagem de nutrientes tende a ser mais lenta nestas florestas, pois a baixa umidade dificulta o processo, fazendo com que a produção de material vegetal se eleve no início da estação seca (LIMA et al., 2015; SOUZA et al., 2016).

A maior quantidade de material aportado via serapilheira é geralmente material de origem foliar (PEREIRA, 2008; SANTANA, SOUTO, 2011). A deposição pode ser superior considerando a dominância das espécies em determinada área (SANTANA, SOUTO, 2011).

O estado nutricional das folhas é bastante particular, variando de acordo com a espécie. Por essa razão, a composição nutricional das folhas da comunidade florestal sobre o solo pode influenciar o ciclo dos nutrientes diferencialmente em cada ambiente.

As análises foliares são um importante parâmetro para a determinação dos teores de nutrientes das plantas por permitir a avaliação dos seus estados nutricionais (LÚCIO et al., 2010; ANDRADE, BOARETO, 2012). Avaliar os aspectos nutricionais de cada espécie possibilita compreender a dinâmica e a manutenção dos ecossistemas florestais, principalmente em ambientes onde o solo possui um baixo potencial nutricional como é relatado em ambientes tropicais (SOUZA et al., 2012).

As espécies florestais, por apresentarem bastante diversidade, possuem características nutricionais particulares, pois os processos ecológicos que atuaram em cada uma delas as tornaram correlacionadas aos seus sítios de estabelecimento (SOREANO et al., 2011), implicando em uma generalização de necessidades nutricionais dificultada (VIEIRA, 2013). Portanto, a eficiência de utilização biológica de nutrientes varia de acordo com o genótipo e a interação do mesmo com o ambiente em que se encontra (BHELING et al., 2014).

Por essas razões, a determinação de nutrientes no compartimento foliar em espécies florestais irá inferir sobre a ciclagem dos nutrientes, por caracterizar quimicamente o material aportado ao solo, explicando a qualidade da serapilheira, e verificando o conteúdo de nutrientes estocado na biomassa foliar de cada espécie, o que possibilita calcular a eficiência nutricional das espécies contidas em um povoamento florestal (ESPIG et al., 2008).

Estudos que avaliaram os teores nutricionais em ecossistemas florestais encontraram resultados diferentes quanto a ordem dos nutrientes. Em ambientes tropicais essa diferenciação é observada tanto em florestas secas, como em florestas úmidas (MOURA et al., 2006; ESPIG et al., 2008; VOGEL et al., 2013; ALVES et al., 2017). Essas diferenças podem estar relacionadas à vegetação particular de cada ambiente estudado, o que reforça a ideia que a composição das espécies sobre o solo em cada ambiente possui um papel na dinâmica dos nutrientes.

As características químicas do material orgânico em decomposição e os teores dos nutrientes influenciam a qualidade e a velocidade com que o material vegetal se decompõe e torna os nutrientes novamente disponíveis para o metabolismo vegetal, contribuindo efetivamente para a ciclagem (SOUTO et al., 2009). Cada espécie, por sua composição diferenciada, se comporta de maneira diferente nesse processo, considerando suas características intrínsecas, seu papel no ecossistema e as interações ambientais (LECERF et al., 2011; JEWELL et al., 2016).

A decomposição também é alterada na presença de umidade, que propicia aos organismos edáficos uma rápida transformação do material vegetal e a disponibilização dos nutrientes para

o solo (SANCHES., et al 2009), que pode diferenciar florestas secas e úmidas quanto ao tempo que o material leva para ser decomposto.

Nessa perspectiva, esse estudo testará as seguintes hipóteses: (i) o teor, o conteúdo e a eficiência nutricional devem variar entre as espécies e entre ambientes; (ii) em ambientes mais férteis a eficiência é mais individualizada entre espécies; (iii) os teores nutricionais na floresta seca são maiores que na floresta úmida, no entanto, o aporte de serapilheira é menor; (iv) as taxas de decomposição devem variar entre espécies e entre ambientes. Na floresta seca a limitação da umidade promove uma decomposição mais lenta.

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de utilização biológica; a produção de serapilheira; o aporte nutricional, a decomposição foliar e a liberação de N, P, K, Ca e Mg das espécies dominantes, em ambientes florestais tropicais seco e úmido, além de calcular os índices de ciclagem das espécies nesses ambientes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Floresta tropical sazonalmente seca (Caatinga)

A Floresta seca de caatinga, que está inserida no semiárido brasileiro, o território nacional é ocupado em 60,7% por florestas de origem natural ou plantada, onde as florestas secas representam um quantitativo de aproximadamente 23%, representadas no país pelos biomas da Caatinga e do Cerrado (BRASIL; 2007).

Por estarem localizadas em regiões em que os agricultores familiares exigem dessas formações florestais recursos para a sua subsistência, aproximadamente 66% das florestas tropicais secas que ocorriam em território latino-americano já sofreram com processos antrópicos de degradação, dificultando o entendimento pleno dos mecanismos ecológicos que gerenciam a sucessão de espécies nesses ambientes (QUESADA et al., 2009; CHIDUMAYO; GUMBO, 2010)

A extensão do semiárido brasileiro é de aproximadamente 980.134 km², ocupando 12% do país e 63% da região Nordeste (INSA 2017). A floresta tropical sazonalmente seca de Caatinga, abrange 54,53% da região Nordeste, correspondendo a uma área de 734.478 km² (LIRA et al., 2012). Sua extensão territorial ocupa parte dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Alagoas, Bahia, Sergipe e Minas Gerais (INSA 2012).

É a formação florestal predominante do semiárido brasileiro, classificada como Savana. A região semiárida possui temperaturas que permeiam dos 23°C a 27°C em média, caracterizada por uma intensa radiação solar e uma evapotranspiração variando de 1.500 a 2.000 mm anuais. As precipitações que atingem as médias de 800 mm que variam desde os 300 a 1.000 mm por ano tradicionalmente concentradas em um período entre três a quatro meses, onde nota-se uma estação úmida e uma estação seca bem definidas (GARIGLIO et al., 2008, SILVA et al., 2010).

A vegetação, de natureza caducifólia, apresenta uma elevada diversidade de espécies, avalia-se que haja 932 essências vegetais, e destas, 318 teriam a característica de endemismo (HAUF, 2002). Provavelmente essa diversidade advém das qualidades de clima e de solo bastante particulares, apresentando sinais de adaptação às condições desses ambientes, como a elevada concentração de indivíduos, apresentando valores que variam de 1.000 a 5.000 árvores por hectare, descontinuidade do dossel, tamanho baixo com predominância variável entre os 3 a 6m, galhos muito ramificados, folhas menores ou bipinadas, rebrota originada a partir de estruturas radiculares e de tocos, baixos estoques de biomassa com incrementos anuais médios

significativos, presença de espinhos e acúleos, e uma elevada resiliência para mitigar as consequências da evapotranspiração de alta intensidade (MMA, 2008, QUEIROZ, 2009).

No tocante as questões edáficas o material de origem tem um papel fundamental na formação dos solos nas regiões de ocorrência dessas florestas. As classes de solo que predominam são os Argissolos, Cambissolos, Luvisolos, Latossolos, Planossolos, Neossolos e Vertissolos (JACOMINE, 1996).

As características gerais dos solos do semiárido são de baixo grau de intemperização, pouca profundidade, riqueza em propriedades minerais (ALVES, 2007) e características químicas incipientes. Por essas complexidades, a fertilidade dos solos semiáridos é bastante variável, tornando difícil a definição de características generalizadas, no entanto, é observada uma escassez recorrente em nutrientes como nitrogênio e fósforo (SAMPAIO et al., 1995).

Por fim, a utilização indiscriminada e insustentável dos solos semiáridos, associada às questões socio ambientais em que estes estão inseridos tem provocado a sua degradação ocasionando a depreciação dos seus atributos.

2.2 Floresta tropical úmida (Mata Atlântica)

As florestas tropicais são os ambientes naturais que proporcionam o maior acúmulo de matéria orgânica em escala global, considerando a sua capacidade contínua de absorver CO₂ atmosférico por meio da fotossíntese e estoca-lo na biosfera, especialmente nos tecidos vegetais, mitigando os efeitos das alterações climáticas (SILVEIRA et al., 2007; PENNE et al., 2010).

O Brasil detém 1/3 das florestas tropicais mundiais. Grupo de florestas tropicais em que a Mata Atlântica está inserida e merece destaque, por ser um dos 35 ambientes do mundo mais relevantes para a conservação da biodiversidade (MITTERMEIER et al., 2011), esse grupo de florestas tanto perenes como decíduas, possui elevada riqueza florística, uma alta capacidade de estocar matéria orgânica e detém a posição de segunda floresta tropical pluvial das américas em termos de extensão (MYERS et al., 2000).

Este diverso conjunto de formações vegetacionais se distribuía por uma extensa faixa de aproximadamente 3.000 km compreendendo 23° de latitude ao longo da costa atlântica do Brasil, iniciando no estado do Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, compreendendo áreas de 17 estados da federação, detendo uma extensão de 1.400.000 km², abrangendo 15% território brasileiro (RIBEIRO et al., 2009; TABARELLI et al., 2010).

Toda essa amplitude e diversidade de condições de sítio proporcionam ao bioma Mata Atlântica uma vasta variedade fitofisionômica, em que fatores como o relevo, classificação dos solos, aproximação da costa e as características pluviométricas contribuem, em sua maioria, para a evolução e diferenciação das comunidades vegetais (CRUZ; VICENS, 2008).

Dentre as regiões que possuem o domínio da Mata Atlântica a região Nordeste tem os piores indícios de preservação, apresentando remanescentes extremamente fragmentados e com dimensões inferiores a 1.000 hectares em sua maioria. O estado de Pernambuco foi identificado como a unidade federativa que mais degrada a mata atlântica considerando o grupo dos estados brasileiros que se encontram acima do Rio São Francisco (INPE, 2014).

As matas remanescentes das ações antropogênicas exibem uma enigmática constituição florística e estrutural, em acordo com a diversidade de propriedades climáticas, pedológicas e geomorfológicas. Proporcionando ao bioma característica de uma alta diversidade de espécies e elevado grau de endemismo sendo detentora de uma parcela considerável da biodiversidade brasileira (BURGER; DELITTI, 2008; CUNHA et al., 2013).

Quanto ao elevado endemismo, este pode ser justificado prioritariamente pela extensão das latitudes de ocorrência dessas florestas, bem como pelas alterações de altitude, que compreendem desde o nível do mar atingindo os 2.700 metros (PINTO, BRITO, 2005). Devido a efeito de todas essas variáveis atuando conjuntamente na formação das comunidades biológicas, estima-se que haja em torno de 20.000 essências vegetais, entre outras tantas espécies de animais das mais variadas classes (MYERS et al., 2000), por essa razão as florestas atlânticas são áreas com prioridade para a conservação da biodiversidade em escala mundial (MARCHESE, 2015).

No entanto, esses ambientes sofreram elevadas pressões antrópicas de diversos tipos. Principalmente da expansão urbana, pois são responsáveis por abrigar cerca de 120 milhões de pessoas que, além de tomar o espaço que outrora era ocupado pelas florestas dependem essencialmente dos serviços ecossistêmicos proporcionados pelo ambiente extremamente fragmentado, como o abastecimento de água, regulação de clima e fertilidade dos solos, tornando essas florestas um dos ambientes de maior ameaça de extinção em nível mundial (STEHMANN et al., 2009; CUNHA et al., 2013).

A ampla perda de habitats e a promoção da descontinuidade deste domínio resultou em raros remanescentes inalterados e em boas condições ecológicas (ARAÚJO et al., 2015). Apesar da Floresta Atlântica apresentar extremo valor para a sustentabilidade mundial, são insuficientes as pesquisas que procuram compreender a ecofisiologia das espécies florestais

naturais deste bioma. E a falta de conhecimento destes recursos acaba por subestimar o verdadeiro potencial de utilização dos mesmos, sendo estas espécies essenciais para os mais variados usos. Dessa forma, a intensificação de estudos locais é fundamental para aprimorar o emprego correto destes bens naturais (CORADIN; SIMINSKI; REIS, 2011).

2.3 Biomassa foliar, composição química e eficiência nutricional

Biomassa é o termo utilizado para fazer referência a toda a massa proveniente de origem orgânica vegetal ou animal, esteja ela viva ou morta (SILVEIRA et al., 2007). Em ecossistemas florestais a biomassa florestal pode auxiliar as estratégias de planejamento, sendo um dado importante para a determinação da quantidade de carbono presente na matéria orgânica se relacionando com a ciclagem de nutrientes (TRAUTENMÜLLER, 2015).

A quantificação de biomassa pode ser realizada diretamente ou indiretamente (LOSI et al., 2003; FERRAZ et al., 2014). As árvores utilizadas no método direto são abatidas e posteriormente as suas subdivisões são pesadas para se obter o dado de biomassa (LOSI et al., 2003). No entanto, esse procedimento é menos utilizado, pois a derrubada de árvores passa por discussões legais e técnicas, contribuindo para que o método indireto seja mais utilizado quando se necessita determinar a biomassa florestal (WATZLAWICK et al., 2012). A biomassa determinada de maneira indireta utiliza massas de árvores abatidas para elaborar equações de regressão correlacionando a biomassa com variáveis mensuradas facilmente como altura total, diâmetro a altura do peito (DAP) e densidade da madeira (CHAVE et al., 2014), a fim de obter estimativas em florestas com condições semelhantes (SOMOGYI et al., 2007; FERRAZ et al., 2014). Essas equações podem ser construídas para a biomassa total da árvore ou para seus compartimentos, como as propostas por Silva e Sampaio (2008).

A importância de se determinar biomassa em ecossistemas florestais vem desde a comparação entre atributos funcionais e estruturais, pois essa determinação é sensível variáveis ambientais como a classe e a composição nutricional dos solos, regimes climáticos de temperatura e precipitação, o relevo e os impactos antrópicos observados em cada região (ALVES et al., 2017).

As florestas priorizam a alocação de biomassa na parte aérea (folhas) e no crescimento radicular, no início do desenvolvimento das árvores. Quando atingem seu desenvolvimento vegetativo o acúmulo de nutrientes nesses compartimentos passa a ser o máximo possível. Nessa fase a serapilheira formada pela floresta passa a se acumular com máxima intensidade (GONÇALVES, 2004).

A biomassa se relaciona com os estoques nutricionais das florestas, possibilitando o cálculo dos mesmos multiplicando as massas obtidas e concentrações dos minerais (CLEMENT; HIGUCHI., 2006).

As folhas são as estruturas vegetais que concentram a maior parte do metabolismo das plantas, sendo ambiente onde ocorrem as atividades fisiológicas (MARTIN-PREVEL et al., 1984). Portanto, avaliar os teores nutricionais em tecidos foliares torna-se primordial para entender o comportamento dos nutrientes das espécies observando possíveis carências, níveis tóxicos e desordens (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Como critério de análise toma-se por base a associação entre a quantidade de nutrientes demandada pela espécie e seu teor no tecido foliar em estudo (FREIRE, 2018).

A avaliação de teores nutricionais de espécies arbóreas em ambientes naturais proporciona informações quanto a diferenciação das espécies dentro de uma comunidade vegetal, bem como verificar as mudanças no funcionamento de uma espécie em diferentes locais de ocorrência (ESPIG et al., 2008). Sendo importante ainda para um posterior manejo dessas espécies buscando a correção dos desequilíbrios entre nutrientes, atividades de revegetação e introdução em áreas impactadas por fatores antrópicos (MEDEIROS et al., 2008).

No entanto, os teores nutricionais podem sofrer alterações pelos mais diferentes fatores, como a eficiência da planta na absorção e a capacidade genética das espécies, responsável por distinguir as relações de crescimento e desenvolvimento em ambientes que apresentam situações de adversidade (FAGERIA, 1993). Portanto, o conhecimento dos teores dos nutrientes, os fatores responsáveis pelas alterações destes e a atuação de cada um na dinâmica nutricional são de fundamental importância para que se possa obter uma compreensão fiel à realidade no momento da interpretação dos resultados (BATAGLIA; SANTOS, 2001).

Dentre os atributos que conferem a uma espécie a característica de eficiente quanto a absorção de nutrientes pode-se destacar: relação raiz/ parte aérea elevada, associação de bactérias promotoras de crescimento e micorrizas com as raízes, sistema radicular desenvolvido plenamente, elevada taxa de fotossíntese, manutenção dos níveis metabólicos apesar das deficiências nutricionais e adaptações da rizosfera em resposta à baixa disponibilidade de nutrientes (OSTRUM; FAREGIA; BALIGAR, 1993).

A título de exemplo, os teores requeridos para o crescimento das plantas de maneira adequada estão entre 20,0 e 50,0 (N); 1,0 e 1,5 (P); 10,0 e 30,0 (K); 10,0 e 50,0 (Ca); 3,0 e 5,0 (Mg) g kg⁻¹ (DECHEN E NACHTIGALL, 2007). Em área de caatinga, estudo realizado por Medeiros et al. (2008) obteve as variações: 31,40 g kg⁻¹; 1,10 e 3,30 g kg⁻¹; 7,30 e 17,30 g kg⁻¹

¹; 10,0 a 30,60 g.kg⁻¹ e 1,20 a 8,10 g kg⁻¹ para os nutrientes descritos na mesma ordem do estudo anterior. Alves et al (2017) estudaram os teores foliares médios de cinco espécies da caatinga e a ordem observada foi N>Ca>K>Mg>P>S, com medias 19,20 g kg⁻¹; 13,50 g kg⁻¹; 6,90 g kg⁻¹; 3,30 g kg⁻¹; 2,0 g kg⁻¹; 1,40 g kg⁻¹ respectivamente.

Em estudo de floresta atlântica realizado por Mello et al. (2009), os teores médios nutricionais foliares obtidos foram: N: 26,23, P:1,59, K:11,53, Ca:9,43 e Mg:2,90. Prottil, Marques e Prottil (2009) observaram diferenças nos teores médios dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg quando comparadas as diferentes espécies e as tipologias florestais na sua composição química foliar. O que corrobora com as teorias de que os ambientes e as espécies proporcionam diferenças entre suas constituições químicas confirmando a importância destes constituintes para a ciclagem de nutrientes em florestas tropicais, onde cada espécie passa a contribuir de maneira particular com o equilíbrio desses ambientes (PROTIL; MARQUES; PROTIL. 2009).

Considerando os níveis nutricionais apresentados nos estudos em desacordo com os níveis críticos estabelecidos por Faquin (2002) de 24,60 para N; 1,67 para P; 11,93 para K; 7,49 para Ca e de 2,31 para Mg, nota-se um desbalanço nutricional, mais evidente quando se observam os teores médios de nitrogênio. Entretanto, a proposta de Faquin foi construída sobre características de espécies florestais em situações de povoamento controlado, onde ocorriam preparações do solo com adubações periódicas.

Neste sentido, estabelecer comparações entre essas duas situações apresentam um certo viés da realidade, visto que ambientes naturais em situações de equilíbrio, onde se encontram formações de florestas plenamente desenvolvidas, não se assemelham às condições de áreas de plantio em teores nutricionais, portanto, essas comparações devem ser repensadas como observado por Lima et al. (2018), que sugerem que os níveis críticos das florestas naturais apresentariam valores menores. Ressaltando que afirmar que solos sob florestas apresentam carências nutricionais não justificaria a presença de uma vegetação tão rica (FREIRE, 2018).

Apesar da sua importância os teores nutricionais não trazem informações completas quanto a importância das espécies para o ambiente, sendo fundamental avaliar concomitantemente o estoque nutricional relacionando diretamente os teores e biomassa foliar, destacando a importância nutricional de cada espécie para o ciclo dos nutrientes nos ambientes em que se encontram (ESPIG et al., 2008).

Um outro estudo frequentemente empregado para a observação de parâmetros nutricionais de espécies florestais é o coeficiente de utilização biológica dos nutrientes, que se trata da relação entre a biomassa de folhas da espécie e o conteúdo do nutriente presente nessa

biomassa (BARROS; NOVAIS; CARMO, 1986). Quanto maior a quantidade de biomassa produzida por uma espécie com o mínimo de um nutriente, maior sua eficiência. Normalmente as relações entre os teores nutricionais e a eficiência tem comportamento inversamente proporcional para florestas tropicais secas e úmidas (ESPIG et al., 2008; BARBOSA, 2012; ALVES et al. 2017), com ênfase no nitrogênio, que devido a elevada necessidade das plantas por esse nutriente, sempre figura entre os de menor eficiência.

É importante ressaltar que as condições de sítio também interferem ativamente em todos estes indicadores nutricionais, sobretudo na eficiência nutricional das espécies, considerando que os regimes de precipitação irão interferir na disponibilização dos nutrientes na solução do solo por meio de processos como o fluxo de massa e difusão (MALAVOLTA, 1980).

2.4 Produção, decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira

O principal elo entre a vegetação florestal e o solo é a serapilheira, material essencial para a ciclagem dos nutrientes, por se tratar da via mais expressiva de retorno destes ao solo, atuando diretamente na concepção e desenvolvimento da fração orgânica dos solos florestais (MAGUIRE, 1994).

A serapilheira é a responsável por gerenciar uma gama de processos ocorrentes nas florestas (COSTA et al., 2007). destacando a regulação da temperatura do solo, a proteção física contra impactos de chuvas e processos erosivos, além de contribuir como atenuante de processos de lixiviação de nutrientes e compactação. Como benefícios biológicos observa-se o abrigo da fauna e a proteção do banco de sementes, contribuindo com a regeneração natural (COSTA et al., 2007; LIMA; FERRAZ; FERRAZ, 2013).

A produção, o acúmulo e a decomposição da serapilheira são alterados diretamente pelo seu contexto ambiental. Por submeter as espécies a condições distintas, certamente a resposta das mesmas às condições de sítio divergem, levando em conta que cada espécie em seu habitat natural possui adaptações para resistir às adversidades a que estão frequentemente submetidas (EPSTEIN; BLOOM, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Nas florestas secas de caatinga o fenômeno da caducifolia proporciona a serapilheira um pico de produção no período inverso ao período onde ocorrem os picos de precipitação (SALGADO et al., 2015; SOUZA et al., 2016; HENRIQUES et al., 2016; AQUINO et al., 2017; HOLANDA et al., 2017). Padrão explicado pelo domínio da fração foliar na composição da serapilheira chegando a representar aproximadamente três quartos do total produzido (GOMES et al., 2010; LIMA et al., 2015; SOUZA et al., 2017; HOLANDA et al., 2017). Em

situações de floresta úmida tropical a fração foliar também domina a composição da serapilheira e a sua produção é também sazonal, observando-se um pico na transição entre o período seco e o início do período chuvoso (ESPIG et al., 2008; GOMES et al., 2010). Portanto cada tipologia florestal se comporta de maneira particular quanto à produção de serapilheira, aliando os fatores ambientais, edáficos e as respostas dos indivíduos inseridos em cada contexto.

Quando se buscam informações sobre a produção de serapilheira a nível de espécie, nota-se uma carência de informações, tendo como exemplos os estudos de Descheemaeker et al. (2006); Santana e Souto (2011) e Schumacher et al (2018).

Para florestas secas em processo de restauração na Etiópia, Descheemaeker et al. (2006) observaram três diferentes padrões de comportamento: (i) as espécies decíduas que perdem as suas folhas imediatamente após o período chuvoso, (ii) espécies perenes apresentam continuidade com uma maior produção no final da estação seca, (iii) enquanto que algumas espécies do gênero *Acacia* apresentam um pico de deposição de serapilheira no meio da estação seca.

Em estudo realizado na caatinga por Santana e Souto (2011) onde se buscou quantificar a serapilheira foliar produzida pelas espécies *Aspidosperma pyrifolium*, *Croton sonderianus* e *Caesalpinia pyramidalis*, constatou-se que estas espécies foram responsáveis por 38,54%, 21,86% e 17,53% respectivamente, com as demais espécies presentes na área de estudo representando um total de 22,07%. Os autores justificam que a fração de outras espécies com valores menores pode ser atribuída à densidade das mesmas na área de estudo, bem como o caráter perenifólio de algumas delas. As espécies apresentaram padrão de deciduidade semelhante, com maior produção no início da estação seca, diminuindo de forma gradual a medida que o déficit hídrico se intensificava.

O estudo de Schumacher et al (2018), em floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul, constatou que as espécies dominantes da área concentram a maior parte da deposição de serapilheira. Neste estudo as espécies *Parapiptadenia rigida*, *Ocotea pulchella* e *Matayba elaeagnoides* foram responsáveis por aportar 31%, do material total, ao passo que a espécie *Cupania vernali* contribuiu com apenas 2,1%. As espécies dominantes de cada área contribuem mais ativamente na produção da massa de folhas sobre o solo (CUNHA, 1993), o que torna os ambientes sensíveis a retirada destas espécies, pois suas características fenológicas se correlacionam diretamente com a produção de serapilheira apresentando maior intensidade quando as áreas possuem dominância de poucas espécies (SCHUMACHER et al., 2018).

Quando se trata do aporte de nutrientes via serapilheira em escala de espécie em florestas nativas, Santana e Souto (2011) observou que *A. pyriformis* e *C. sonderianus* apresentaram o mesmo padrão da maioria das frações estudadas, com ordem de aporte decrescente de nutrientes: $Ca > N > K > Mg > S > P$. Já a espécie *C. pyramidalis* se diferenciou apresentando a ordem $Ca > N > K > S > Mg > P$.

No estudo de Schumacher, a espécie *Parapiptadenia rigida* se destacou quanto ao aporte dos nutrientes N, P e Ca; *Matayba elaeagnoides* em K, Mg e S. *P. rigida* apresentou superioridade em nitrogênio por pertencer a família Fabaceae reconhecida pela fixação de N utilizando associação simbiótica com bactérias no solo. O nutriente N geralmente se apresenta como o mais retornável ao solo independente das condições ambientais, e as espécies leguminosas apresentam o nitrogênio como o nutriente mais retornado (BERTALOT et al., 2004).

A decomposição é definida como a transformação ou quebra de material orgânico de complexa estrutura molecular originando produtos de estrutura mais simplificada e minerais (SILVA, MENDONÇA, 2007), tendo início desde a formação do material orgânico e sua colonização por agentes decompositores como fungos e bactérias (STONE, 1987).

Alguns compostos orgânicos são mais facilmente liberados para o ambiente, a depender das suas características químicas como ácidos, açúcares e aminoácidos solúveis em água, sendo facilmente lixiviados (FREIRE, 2018). No entanto, materiais ricos em componentes estruturais como celulose e lignina possuem uma decomposição mais lenta (WOLF; WAGNER, 2005; RAHMAN et al., 2013). A dinâmica das taxas de decomposição da matéria orgânica e suas variações assegura a sustentabilidade nutricional dos ecossistemas florestais.

Como fatores influentes do processo de decomposição podem-se citar as variáveis climáticas, enfatizando o padrão pluviométrico da região, umidade e temperatura, tipologia vegetacional, florística, estágio sucessional, idade das árvores, deciduidade da vegetação, e condições do solo (PINTO et al., 2009; RUBIANO-CARDONA et al., 2013).

O processo de decomposição da serapilheira em florestas tropicais está sob o comando de três fatores em especial: as características de composição química e estrutural da serapilheira, a diversidade dos organismos envolvidos no processo e o ambiente físico (AERTS; DE CALUWE, 1999; ALLISON et al., 2013; JEWELL et al., 2017).

As folhas são frequentemente relatadas como o principal componente da serapilheira aportada e por essa razão se destacam quanto a importância no processo de decomposição (LIMA et al., 2015; SOUZA et al., 2016; HOLANDA et al., 2017). Cada espécie, por sua

composição química diferenciada, apresenta uma taxa de decomposição específica para suas folhas, que por sua vez influenciará na decomposição das folhas das demais espécies presentes no ambiente (LACERF et al. 2011). Indicando que as diferenças entre as funções das espécies existentes em cada ambiente florestal estimulam a decomposição, sobretudo quanto aos processos ecossistêmicos, como é o caso da ciclagem de nutrientes (SCHINDLER; GEESNER, 2009). A exemplo disso, pode-se encontrar em uma comunidade espécies especializadas no fornecimento de um determinado nutriente, sendo capazes de abastecer este nutriente para toda a comunidade.

Além disso, a decomposição estaria associada à biomassa microbiana presente em cada ambiente. Esses microrganismos decompositores apresentam melhor desempenho quando submetidos a seu habitat natural, certamente por possuírem especializações na degradação da serapilheira ali presente, e preferências em seus hábitos alimentares (GHOLZ et al., 2000; WANG; ZONG; HE; 2013).

Handa et al. (2014) relatam que o componente florístico e a diversidade das espécies presentes em cada local se relacionam com a taxa de decomposição por meio de constituição da fauna edáfica e dos microrganismos decompositores. A fauna edáfica, em especial a macrofauna, contribui na decomposição da serapilheira por meio da na formação de galerias entre o material orgânico e o solo, promovendo uma melhor infiltração da água e a fragmentação da manta orgânica, aumentando por conseguinte sua superfície específica disponível para a atividade microbiana, além de servir como veículo de dispersão para os microrganismos decompositores (SILVA; MENDONÇA 2007; ARAÚJO, 2010).

Após a decomposição, com a efetivação do retorno dos nutrientes ao solo, a ciclagem se concretiza, sendo a junção de todas as etapas desde a produção da matéria orgânica até sua degradação e transformação em nutriente posteriormente reabsorvido pela biota. No entanto, estudos que buscam compreender o processo da ciclagem geralmente se concentram em uma das fases do mesmo. Seja esta fase a composição nutricional das espécies envolvidas, sua produção de fitomassa ou as características da decomposição destes materiais, o fazendo de maneira compartimentada (KJOLLER; STRUWE, 1982; WOLF; WAGNER, 2005; ESPIG et al., 2008; ESPIG et al., 2009; BRAY; KATAJIMA, MACK, 2012; SCHUMACHER et al., 2018).

Muito embora esta ciclagem ocorra de forma contínua na natureza, sua abrangência é de difícil mensuração científica. Buscando um maior entendimento do processo de ciclagem por completo Zhang, Shuxia e Shangguan (2006) criaram um método capaz de relacionar os

estoques de nutrientes presentes no solo, na biomassa vegetal e na serapilheira. No entanto, informações sobre a aplicação dessa metodologia ainda são escassas para florestas tropicais seca e úmida, sobretudo nas condições do Nordeste brasileiro.

A ciclagem de nutrientes, processo ecossistêmico de grande importância na manutenção dos ambientes florestais, tem sido estudada com intensidade. No entanto, esses estudos se concentram em descrever apenas algumas partes deste processo, apresentando por exemplo, resultados referentes aos estoques nutricionais presentes na serapilheira e na biomassa foliar, devido as dificuldades metodológicas para a mensuração de maneira completa. (ESPIG et al., 2008; ESPIG et al., 2009; LIMA et al., 2015; ALVES et al., 2017; SCHUMACHER et al., 2018).

Pouco se sabe sobre a influência dos estoques nutricionais presentes no solo para a ciclagem e a contribuição da serapilheira na formação destes estoques. Pensando neste problema os autores Zhang, Shuxia e Shangguan (2006) procuraram explicar a ciclagem de nutrientes por meio de índices que tem como variáveis os estoques de nutrientes presentes no solo, na biomassa do vegetal e na serapilheira aportada, a fim de gerar informações mais conclusivas do processo por inteiro considerando todo o sistema solo-planta.

Assim, esses autores desenvolveram três índices denominados de absorção, utilização e de ciclagem, em que o primeiro relaciona os estoques de nutrientes presente no solo e o estoque de nutrientes requerido pelas plantas. O segundo índice contempla a eficiência das plantas no uso dos nutrientes, enquanto o terceiro procura medir o quão intensa é a circulação do nutriente no sistema (ZHANG; SHUXIA; SHANGGUAN, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Ambientes de estudo

O trabalho foi realizado em duas áreas com diferentes tipologias, ambas situadas no estado de Pernambuco, caracterizadas como: floresta tropical seca de Caatinga situada no município de Araripina sob as coordenadas geográficas $07^{\circ}34'34''\text{S}$ e $40^{\circ}29'54''\text{W}$; e floresta tropical úmida de Mata Atlântica inserida nos limites territoriais da região metropolitana de Recife $8^{\circ}04'03''\text{S}$ e $34^{\circ}55'00''\text{W}$ (Figura 1).

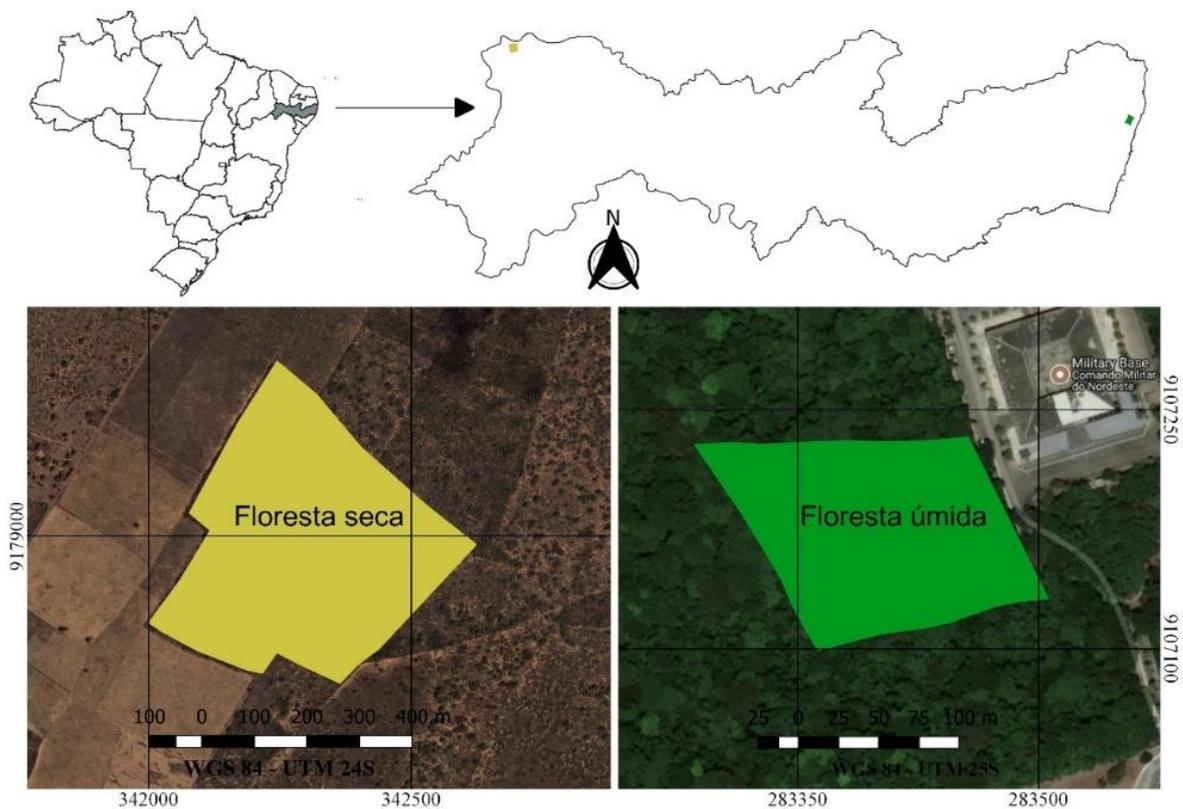


Figura 1: Localização geográfica dos ambientes de florestas tropicais seca e úmida nos municípios de Araripina e Recife em Pernambuco.

A investigação dos padrões ecológicos da ciclagem de nutrientes entre os dois ambientes aqui estudados passa por caracterizações das condições climáticas, visto que a diferenciação entre as florestas é influenciada fortemente pelas condições do ambiente no qual está inserida. Foi realizado o monitoramento de algumas variáveis climáticas durante o período de experimentação de decomposição para os ambientes florestais seco e úmido (Figuras 2A e B), buscando um entendimento das variações ao longo do ano para verificar o efeito dessas mudanças nos subprocessos da ciclagem.

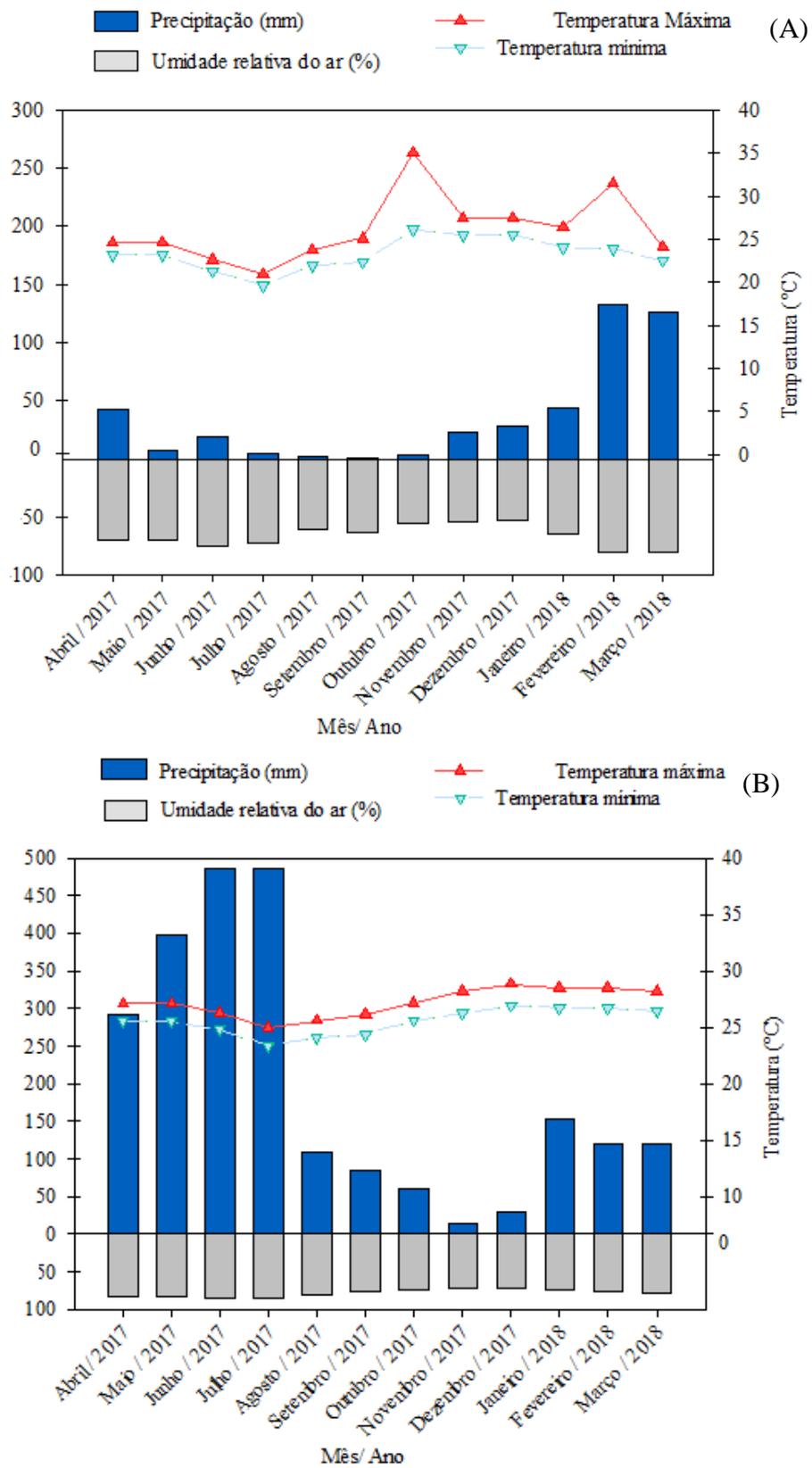


Figura2: Caracterização das variáveis climáticas de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar nos ambientes de florestas tropicais seca (A) e úmida (B), Araripina e Recife, Pernambuco

Para uma melhor compreensão das relações entre a vegetação, o solo e a ciclagem de nutrientes foi realizada a caracterização do solo das áreas de estudo, onde foram determinados os atributos químicos em acordo com os procedimentos metodológicos descritos por Teixeira et al. (2017). Foram utilizadas amostras deformadas coletadas em quatro unidades experimentais com dimensões de (10 m x 25 m), onde se considerou como espaço útil para a coleta uma subárea de (8 m x 20 m). Em cada uma das quatro unidades experimentais foram coletadas cinco amostras simples seguindo o padrão de “x”, onde o material era retirado próximo ao centro e dos vértices do espaço útil e transferido para baldes identificados onde foram homogeneizadas. Também foram coletadas amostras com a estrutura preservada para a determinação da densidade do solo utilizando o método do anel volumétrico nas profundidades de 0 a 5 cm; 5 a 10 cm e 10 a 20 cm (Tabela 1)

Tabela 1: Localização, caracterização climática, vegetacional e edáfica dos ambientes de Florestas Tropicais Seca e Úmida, em Pernambuco.

Tipologia/Ambiente	Floresta seca (Caatinga)			Floresta Úmida (Mata Atlântica)		
Localização	Araripina, Pernambuco			Recife, Pernambuco		
Área	20 ha			25 ha		
Clima	BShw ¹			As ²		
Altitude	847 m			40 m		
Precipitação ³	<700 mm/ ano			~1500 mm/ ano		
Temperatura	23 a 27° C			25,8° C		
Domínio ⁴	FTS ⁵			FODTB ⁶		
Fitofisionomia	Caatinga arbóreo arbustiva			Mata Atlântica		
DA (ind ha ⁻¹) ⁷	1288			970		
H' (nats ha) ⁸	2,32			3,66		
Solo/Classificação ⁹	Latossolo Amarelo distrófico			Latossolo Amarelo distrófico		
Atributos do solo (Profundidades)	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm
pH (H ₂ O)	5,07	4,92	4,91	4,75	4,58	4,47
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,46	0,29	0,24	0,34	0,24	0,16
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,10	0,09	0,03	0,10	0,09	0,07
K ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,08	0,08	0,07	0,09	0,09	0,09
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,03	0,03	0,03	0,53	0,51	0,50
(H+Al) (cmol _c dm ⁻³)	3,26	3,18	3,05	3,18	4,29	4,54
P (mg dm ⁻³)	2,30	2,07	2,61	2,56	2,34	2,06
CTC Potencial (cmol _c dm ⁻³) ¹⁰	3,90	3,64	3,39	3,27	2,74	2,38
CTC Efetiva (cmol _c dm ⁻³) ¹¹	0,67	0,49	0,37	1,4	0,91	0,82
V (%) ¹²	16,41	12,64	10,03	26,60	14,59	13,44
m (%) ¹³	4,47	6,12	8,11	37,85	56,04	60,97
N (g kg ⁻¹)	0,43	0,34	0,29	0,40	0,38	0,33
Ds (g cm ⁻³) ¹⁴	1,39	1,59	1,70	1,48	1,55	1,60

¹Clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude ou clima semiárido quente; ²Clima tropical úmido com chuvas de outono/inverno (ALVARES et al., 2013); ³Rebiota et al. (2010); Da Silva; Pinto-Da-Rocha, (2011); ⁴IBGE (2012); ⁵Floresta tropical seca; ⁶Floresta ombrófila densa de terras baixas ⁷Densidade absoluta (número de indivíduos ha⁻¹); ⁸Índice de diversidade de Shannon-Wiener; ⁹Santos et al (2013), Latossolo Amarelo Distrófico; ¹⁰Capacidade de troca de cátions potencial; ¹¹Capacidade de troca de cátions efetiva; ¹²V(%) Saturação por Bases; ¹³m% saturação por alumínio; ¹⁴Densidade do solo.

Em cada tipologia foi realizado previamente levantamento florístico e fitossociológico para indivíduos adultos a fim de determinar as espécies de maior densidade absoluta para (Espig et al., 2008; Freire, 2018). Foram instaladas vinte parcelas com dimensões de 10 m x 25 m, distribuídas sistematicamente. Na área de Floresta Seca se aplicou o critério de inclusão de 10 cm de CAP a 1,30 m do solo e na área de Floresta Úmida foi considerada a inclusão partindo-se da circunferência de 15 cm na mesma altura. Após a mensuração, as espécies foram classificadas e tiveram seus parâmetros fitossociológicos calculados (Tabela 2).

Tabela 2: Caracterização das espécies arbóreas utilizadas no estudo presentes nas Florestas Tropicais Seca e Úmida, em Pernambuco.

Espécie	Hábito/Porte	Família	Deciduidade	DA ¹ (Ind ha ⁻¹)	FA ²
Floresta seca					
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Grande	Nyctaginaceae	Decíduo	310	95
<i>Croton limae</i> A. P. Gomes, M.F. Sales P.E. Berry.	Grande	Euphorbiaceae	Decíduo	236	95
<i>Metrodorea mollis</i> Taub.	Grande	Rutaceae	Não-decíduo	232	95
<i>Pilocarpus spicatus</i> A.St.-Hil	Pequeno	Rutaceae	Não-decíduo	102	70
Floresta úmida					
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	Grande	Moraceae	Não-decíduo	104	75
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber ex Ducke	Grande	Moraceae	Decíduo	77	60
<i>Dialium guianense</i> (Albl.) Sandwith	Grande	Fabeceae	Decíduo	20	35

¹Densidade absoluta = (número de indivíduos da espécie i/ha) em acordo com o descrito por (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974); ²Frequência absoluta (%) = (número de parcelas que ocorreu uma determinada espécie/número total de parcelas) x100.

3.2 Descrição das espécies estudadas

3.2.1. *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae)

Guapira opposita é uma árvore denominada popularmente como pau-piranha, na região do Araripe pernambucano. Suas alturas geralmente variam entre 1 a 25 m. Planta de característica perenifólia, possuindo ramos dicótomos, glabros, cilíndricos. Quanto as características foliares, a variação em tamanho e forma se apresentam com evidência, apresentando-se como opostas, pecioladas, oblongas, agudas variando entre 4-17 cm em comprimento, e 1,5-5 cm de largura, glabérrimas, subcoriáceas, nervura principal forte, e as laterais bastante oblíquas, anastomosantes arcuadamente na margem, vênulas praticamente invisíveis, pecíolo de 1-3 cm de comprimento com formato canaliculado (REITZ, 1970).

3.2.2. *Helicostylis tomentosa* (Poepp. & Endl.) Rusby (Moraceae)

Árvore de grande porte, apresentando indivíduos com alturas que passam dos 30 m e diâmetro de copa de até 12 m, participando da composição do dossel florestal. Não apresenta sapopemas na base do seu tronco, e diâmetros que chegam aos 70 cm. As ramificações mais jovens apresentam pilosidades amarelas ou em tons de ferrugem, além de serem não lenhosos. Quando sofre cortes no tronco, galhos ou folhas exibe um látex amarelo exalando cheiro de

“vagem” recém cortada. As folhas se apresentam de forma simples com disposição alterna espiralada com forma variando de oblonga a lanceolada, com base geralmente aguda. As margens podem ser inteiramente ou levemente serradas. Quanto a textura são de cartáceas a coriáceas possuindo aspereza e pelos amarelos na face abaxial. Medindo de 8-18 cm de comprimento e de 4-6 cm de largura, venação pinada, nervura central convexa se aproximando de plana na face adaxial e proeminente na face abaxial possuindo pelos longos e enrolados ou curtos e eretos nas faces adaxial e abaxial respectivamente. O pecíolo tem comprimento variando entre 0,4 a 1,7 cm com pubescência densa e dourada. Em cada folha se notam duas estípulas deltoides lineares com medidas de 0,2 a 1,0 cm com ápice acuminado, indumento tomentoso ou subseríceo e textura sedosa (ARRUDA; FERRAZ, 2008).

3.2.3. *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber ex Ducke (Moraceae)

Brosimum guianense ocorre no Brasil nas matas secundárias da Floresta Ombrófila Densa Atlântica e Amazônica, estacional semidecidual e decidual e cerrado. São Árvores a subarbustos, 1,5–8 m alt., apresentam látex de branco a transparente. Seus caules são frequentemente esbranquiçados. As folhas são associadas estípulas terminais que medem 2–10 mm de comprimento. Os pecíolos tem de 0,3–0,5 cm comprimento, são glabros; e possuem lâminas elípticas, o limbo possui textura subcoriácea, lustrosa, com base arredondada, ápice variando de agudo a cuspidado, face adaxial glabra e abaxial de glabra a puberulenta, frequentemente alvacenta; com 8–12 pares de nervuras secundárias (PEDERNEIRAS et al., 2011).

3.2.4. *Dialium guianense* (Albl.) Sandwith (Fabaceae)

Árvores de até 50 metros de altura; com tronco cilíndrico com até 90 cm de diâmetro; raízes tabulares ou não, apresentando sapopemas com até 2 metros de altura; casca com alto número de lenticelas, de textura variando de lisa a rugosa com fissuras leves, exsudato vermelho ou rosa, translúcido, pegajoso; ramos cilíndricos, glabros. Estípulas lanceoladas, 1–4 mm, glabras, persistentes. Folhas compostas, alternas, imparipinadas, com folíolos, quase sempre alternos; pecíolos cilíndricos, 0.9 – 2.2 cm × 1 – 3 mm; glabra; peciólulos cilíndricos, 1.8 – 6 × 1 – 3 mm, glabros ou com leve pilosidade imperceptível a olho nu; lâminas dos folíolos cartáceas, lanceoladas a elípticas, 1.6 – 14 × 1.1 – 7.5 cm, base cuneada a obtusa, ápice acuminado a agudo, glabras ou com leve pilosidade imperceptível a olho nu, nervuras

levemente proeminentes adaxialmente, bastante proeminentes na face abaxial (FALCÃO JUNIOR; MANSUNO; 2018).

3.2.5. *Croton limae* A.P. Gomes, M.F. Sales P.E. Berry. (Euphorbiaceae)

Espécie que apresenta caule com tricomas nos ramos mais jovens, estrelados, lepidotos, perrectos, denticados. As folhas apresentam pecíolos longos, e as lâminas foliares tem formato oval lanceolado ou elípticas, ambas as faces apresentam tricomas estrelados. As nervuras são camptódromas, as margens inteiras, apresentam estípulas foliáceas nas porções superiores de ramos jovens (CORDEIRO et al., 2015).

3.2.6. *Metrodorea mollis* Taub. (Rutaceae)

Arvoreta com altura variando entre 1,5-12 m. De folhas folioladas; bainha fortemente vilosa porem, ciliolada, pecíolo parcialmente cilíndrico medindo de 2-12 mm, livre distalmente; folíolos sésseis, elípticos a obovados, (0,6-)1,2-5 x (0,4-)0,7-2 cm, com o folíolo terminal de dimensões superiores aos laterais, apresentando ápice obtuso, margem revoluta na metade proximal, base atenuada a subauriculada, de textura subcoriácea, diminutamente pubescente em ambas faces, mais densamente na face abaxial, ou glabros na face adaxial com exceção da base, apresentando glândulas oleíferas translúcidas, suas nervuras são salientes em ambas as faces (PIRANI; GROppo; DIAS; 2018).

3.2.7. *Pilocarpus spicatus* A.St.-Hil (Rutaceae)

Arvoreta de porte pequeno, variando entre 2-6m de folhas simples, alternas, subopostas, sub-verticiladas ou agrupadas nas extremidades dos ramos, cartáceas ou coriáceas, glabras, discolores verde-escuras na face superior, verde-claras e pilosas na face inferior, apresentando tricomas simples unicelulares esparsos; e glândulas translúcidas excretoras de óleos no terço médio da lâmina foliar, e no pecíolo Possui frutos com pelos geralmente verdes, espigas jovens com eixo e botões verde-claros (PIRANI, 2015).

3.3 Estimativa da biomassa foliar

A média da biomassa do componente folhas foi estimada para cada espécie (kg indivíduo⁻¹) e por área (kg ha⁻¹). Foram utilizadas as equações propostas por Silva e Sampaio (2008) para a

floresta seca e por Chave et al. (2014) para a floresta úmida, por serem as equações alométricas mais robustas para esse tipo de estimativa considerando as diferenciação entre os ambientes.

A quantificação das biomassas foliares por área em kg ha⁻¹ das espécies foram obtidas pela soma das biomassas dos indivíduos das espécies. Essa mensuração ocorreu em 20 parcelas de dimensões de 10 m x 25 m (250 m²) totalizando 5.000 m², extrapolando-se os valores para 10.000 m² (ESPIG et al., 2008) (Tabela 3).

Tabela 3: Biomassa foliar das espécies nos ambientes florestais tropicais seco e úmido, Pernambuco

Espécie	Família	Textura Foliar	DA ¹ (ind.ha ⁻¹)	Altura média (m)	DAP ² (cm)	DBM ³ (g cm ⁻³)	Biomassa foliar (kg Ind ⁻¹)	Biomassa foliar (kg ha ⁻¹)
Floresta Seca								
<i>Guapira opposita</i>	Nyctaginaceae	Subcoriácea	310	3,97	5,41	0,66	1,05	325,80
<i>Croton limae</i>	Euphorbiaceae	Cartácea	236	4,30	4,10	0,71	0,65	154,18
<i>Metrodorea mollis</i>	Ruaceae	Subcoriácea	232	3,90	4,45	0,79	0,78	180,94
<i>Pilocarpus spicatus</i>	Rutaceae	Cartácea	102	3,74	3,88	0,80	3,44	351,35
Total								1012,27
Floresta Úmida								
<i>Hellicostylis tomentosa</i>	Moraceae	Cartácea	104	13,31	10,89	0,61	155,56	808,88
<i>Brosimum guianense</i>	Moraceae	Subcoriácea	77	13,88	13,41	0,84	200,95	773,67
<i>Dialium guianense</i>	Fabaceae	Cartácea	20	19,15	28,46	0,90	1672,40	1642,40
Total								3254,96

¹Densidade absoluta; ²Diâmetro à altura do peito; Densidade básica da madeira (Chave et al., 2009). As biomassas foliares da floresta úmida consistem em 5% da biomassa aérea total estimada (Chave et al., 2013).

3.4 Teor, estoque de nutrientes e eficiência nutricional das espécies

Para cada espécie foram amostrados cinco indivíduos saudáveis, de porte semelhante, identificados e georreferenciados. Nesses indivíduos foram amostradas folhas de maturidade média, coletadas no terço médio da planta nos quatro pontos cardeais, compondo uma amostra composta. As folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar, trituradas em moinho Willey e armazenadas para determinação dos nutrientes (N, P, K, Ca e Mg). A extração de N e P se deu por digestão sulfúrica. A determinação de N ocorreu por meio de destilação e titulação de acordo com o método Kjeldahl (Tedesco et al., 1995). O P foi dosado por colorimetria (Braga e Defelipo, 1974). O K, Ca e Mg foram digeridos em micro-ondas utilizando-se digestão úmida. Foram utilizados 0,2 g de material vegetal seco, 5 ml de ácido nítrico e 5 ml de peróxido de

hidrogênio. O digestor foi configurado em potência máxima de 1600 W, com temperatura de 160 °C durante 30 minutos (tempo decorrido da digestão). O K foi dosado por fotometria de chama e o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (Teixeira et al., 2017).

Os teores dos nutrientes foram expressos em g kg⁻¹. O conteúdo (estoque) foi calculado multiplicando-se o teor do nutriente pela biomassa foliar da espécie (kg ha⁻¹). A eficiência nutricional foi obtida pela razão entre a biomassa foliar e o estoque do nutriente nas folhas da espécie e expresso em kg kg⁻¹ (Barros et al., 1986).

3.5 Produção de serapilheira foliar e aporte de nutrientes

A avaliação da produção de serapilheira ocorreu tomando por base a distribuição espacial das espécies nas 20 parcelas de 10 m x 25 m utilizadas para o levantamento fotossociológico. Em cada área foram selecionadas quatro parcelas que abrangessem o maior número de espécies entre as dez de maior DA formando o mesmo conjunto. Assim sendo, na floresta tropical seca o conjunto formado compreendeu as espécies *Croton limae*, *Guapira opposita*, *Metrodorea mollis* e *Pilocarpus spicatus*; enquanto na floresta tropical úmida as selecionadas foram, *Brosimum guianense*, *Dialium guianense* e *Helicostylis tomentosa*.

A produção foi estimada nessas quatro parcelas, em cada ambiente, por meio de coletores com dimensão de 1 m² com tela de náilon de 1 mm² de malha e instalados a 1,0 m da superfície do solo. Em cada parcela foram instalados cinco coletores nas dimensões supracitadas em locais predefinidos, um no centro e os demais próximos as extremidades, excluindo a borda para fins de abranger maior diversidade na produção de serapilheira foliar das espécies. A instalação se deu no mês de outubro de 2017 e a avaliação foi realizada até o mês de dezembro de 2018.

A serapilheira produzida foi avaliada aos 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 e 360 dias após a instalação dos coletores. O material depositado nos coletores foi embalado em sacos plásticos identificados, processado no laboratório de Química do Solo da UFRPE, onde passou por secagem em estufa com circulação forçada de ar sob a temperatura de 65 °C, até atingir peso constante.

Após a secagem, o material foi triado manualmente para separação da serapilheira foliar das espécies, com auxílio de um mostruário coletado durante a montagem do experimento, e consultas a exsiccatas depositadas no Herbário Sérgio Tavares da UFRPE. Separadas, as serapilheiras de cada espécie tiveram suas massas secas determinadas utilizando balança de precisão 0,01 g e os dados foram extrapolados para massa seca por hectare (kg ha⁻¹).

O aporte de nutrientes foi avaliado a partir da serapilheira produzida onde foram retiradas amostras do material foliar que foram trituradas em moinho do tipo Willey e tiveram os nutrientes N, P, K, Ca e Mg determinados pelos métodos descritos para a quantificação dos teores nutricionais.

Com os teores dos nutrientes em cada coleta foi possível determinar o aporte nutricional em cada período e o total ao longo do tempo da experimentação, multiplicando os teores obtidos pela biomassa da serapilheira produzida.

3.6 Decomposição do material foliar e liberação de nutrientes

Para avaliar a decomposição foliar foi utilizado o método das bolsas de decomposição (*litter bags*) nas duas áreas de estudo, onde foram coletadas amostras de folhas verdes e sadias, bem conservadas, possibilitando a homogeneização das amostras quando ao nível de decomposição do material vegetal por espécie.

Para a coleta do material foliar foram previamente selecionados cinco indivíduos sadios de cada espécie. Após a seleção e a identificação desses indivíduos nas áreas, as folhas foram coletadas no terço médio da copa nos quatro pontos cardeais, buscando uma maior representatividade dentro da espécie e evitando folhas muito jovens, em estado de amadurecimento avançado ou atacadas por doenças e injúrias.

O material foi levado ao Laboratório de Química do Solo da UFRPE e seco em estufa sob temperatura de 65 °C até atingir peso constante e posteriormente as amostras foram transferidas para as bolsas de decomposição.

As bolsas de decomposição foram confeccionadas com tela de náilon com malha de abertura de 1,0 mm² e dimensões de 20 cm x 20 cm, preenchidas com 8,0 g de folhas das espécies coletadas nas suas respectivas áreas.

Os *Litterbags* com material foliar de cada espécie foram identificadas com etiquetas de lona plástica de cores e numerações distintas e, posteriormente, distribuídas aleatoriamente sobre a superfície do solo, próximas ao centro das parcelas utilizadas nos levantamentos fitossociológicos das duas áreas. A decomposição foi avaliada aos 15, 30, 45, 90, 135, 180, 225, 270 e 315 dias após a distribuição. Em cada tempo de coleta foram retiradas três bolsas por espécie, totalizando 27 bolsas para cada espécie em sua respectiva área.

Após a coleta e secagem em estufa de circulação forçada de ar sob temperatura de 65 °C, o material foliar de cada bolsa foi pesado. Quando atingiu peso constante foi possível determinar a massa remanescente com a utilização de balança semi-analítica de precisão de 0,01 g, por meio da equação:

$$\% \text{ Remanescente} = \frac{\text{Massa final (g)}}{\text{Massa inicial (g)}} \times 100 \quad (1)$$

Com os dados de massa remanescente foi possível calcular a taxa de decomposição (k), utilizando a equação proposta por Olson (1963):

$$X = X_0 e^{-kt} \quad (2)$$

em que:

X: é a massa final das amostras;

X₀: é a massa inicial;

t: o tempo decorrido na experimentação;

k: a constante de decomposição;

Após a determinação da taxa de decomposição se obteve o tempo de meia vida, que se refere ao tempo gasto para a decomposição de 50% da massa presente na bolsa de decomposição, com auxílio da equação:

$$t_{50\%} = \frac{0,693}{k} \quad (3)$$

em que: t_{0,5}= tempo de meia vida (dias); 0,693 parâmetro da equação; k constate de decomposição em g dia⁻¹.

O tempo estimado para a decomposição de 95% do material foi obtido por meio da equação:

$$t_{95\%} = \frac{3}{k} \quad (4)$$

em que: t_{95%}= tempo em dias para que 95% do material seja decomposto; k constante de decomposição em g dia⁻¹.

A avaliação da decomposição teve início no mês de abril de 2017 e seguiu até março de 2018. Esse tipo de estudo tem relação direta com as características climáticas do ambiente que está inserido, por isso foram monitoradas as condições climáticas durante a decomposição para os ambientes florestais seco e úmido (Figuras 2A e B).

A liberação dos nutrientes foi quantificada após a determinação das massas remanescentes nas amostras de material vegetal provenientes das bolsas de decomposição. Essas amostras foram trituradas em moinho do tipo Willey e posteriormente foram determinados os teores dos nutrientes N, P, K Ca e Mg seguindo os mesmos métodos utilizados

para a nutrição e o aporte de nutrientes via serapilheira. Os valores dos teores obtidos foram multiplicados pelas massas remanescentes.

3.7 Índices de ciclagem de nutrientes em ambientes de florestas tropicais seca e úmida

3.7.1 Quantidade de nutrientes capturada na biomassa foliar (Capturado)

A partir das biomassas foliares estimadas para as espécies (Tabela 3), e dos teores nutricionais foliares encontrados nos cinco indivíduos selecionados por espécie, foi possível estimar a quantidade de nutrientes presente na biomassa foliar das espécies.

3.7.2 Quantidade de nutrientes retornada via deposição de serapilheira (Retornado)

A serapilheira produzida de cada espécie foi triada e teve os teores dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg determinados de acordo com os procedimentos metodológicos utilizados para a produção. Multiplicando os teores pelas massas de serapilheira produzidas por cada espécie se obteve o estoque de nutrientes retornado.

3.7.3 Quantidade de nutrientes estocada no solo (Absorvível)

Os teores dos nutrientes e a densidade do solo foram determinados de acordo com a metodologia citada por Teixeira et al (2017), e foram apresentados inicialmente durante a caracterização das áreas (Tabela 1). A partir dos teores foi possível determinar os estoques dos nutrientes de acordo com as relações abaixo:

$$N \text{ absorvível} = Pr * ds * t * 6,34$$

$$P \text{ absorvível} = (Pr * ds * t) / 10$$

$$K \text{ absorvível} = Pr * ds * t * 30$$

$$Ca \text{ absorvível} = Pr * ds * t * 20$$

$$Mg \text{ absorvível} = Pr * ds * t * 12$$

Em que: Pr: profundidade da camada de solo (cm), t: teor do nutriente, (N, g kg⁻¹), (P, mg dm⁻³), (Ca, Mg e K, cmolc dm⁻³), ds: densidade do solo (Mg m⁻³), 6,34 percentual do N potencialmente mineralizável (%) (STANFORD; SMITH; 1972; FREIRE, 2001).

3.7.4 Ciclagem de nutrientes

De posse dos valores dos estoques presentes na biomassa foliar, na serapilheira foliar produzida pelas espécies, foi estimada a ciclagem dos nutrientes seguindo os procedimentos de Zhang, Shuxia e Shangguan (2006), para isso foram calculados os índices de absorção, utilização e ciclagem para as espécies dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, utilizando as equações seguintes:

$$IA = \frac{\textit{Capturado}}{\textit{Absorvível}}$$

O índice de absorção relaciona os nutrientes presentes na biomassa foliar com o estoque nutricional no solo ambos em (kg ha⁻¹).

$$IU = \frac{\textit{Capturado}}{\textit{Capturado} + \textit{Retornado}}$$

Este índice de utilização relaciona o estoque nutricional nas folhas com o estoque na serapilheira produzida (kg ha⁻¹).

$$IC = \frac{\textit{Retornado}}{\textit{Capturado}}$$

O índice de ciclagem faz uma relação entre o estoque presente na serapilheira e o estoque na biomassa (kg ha⁻¹).

3.8 Análises estatísticas e avaliação dos resultados.

Os dados foram testados quanto a sua normalidade e homocedasticidade, pressupostos exigidos para a análise de variância (ANOVA), com a utilização dos testes de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965) e Levene (Brown & Forsythe, 1974), respectivamente (ambos ao nível de 5% de probabilidade).

Posteriormente realizou-se a ANOVA considerando o teste F ao nível de 5% de probabilidade. Quando observadas significâncias entre os efeitos as médias foram analisadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, com o auxílio do pacote estatístico SAEG (Euclides, 2007).

Para determinação da constante *k* foram ajustadas equações de regressão exponenciais da massa remanescente em função do tempo. A partir do *k* foram obtidos os tempos de meia vida (t_{0,5}) e t_{0,95}. Posteriormente, realizou-se uma ANOVA (teste F ao nível de 5% de probabilidade) para comparar o *k*, t_{0,5} e t_{0,95} entre as espécies e as áreas. Quando observadas

significâncias entre os efeitos, as medias foram analisadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, com o auxílio do pacote estatístico SAEG.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 NUTRIÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM AMBIENTES DE FLORESTAS TROPICAIS SECA E ÚMIDA

4.1.1 Características nutricionais das espécies da floresta tropical seca

As espécies da floresta tropical seca apresentaram teores nutricionais foliares na seguinte ordem decrescente: N>K>Ca>Mg>P (Figura 3A). Comportamento semelhante foi observado por Alves et al. (2017), apenas com o Ca sendo mais absorvido do que o Mg.

Pilocarpus spicatus foi a espécie que apresentou os maiores teores de P (Figura 3B), mostrando uma absorção superior à média das outras espécies, além de ter apresentado também elevada absorção de K (Figura 3C). No entanto, absorveu pouco N (Figura 3A). *Guapira opposita* apresentou os teores mais elevados de N, mostrando uma absorção em torno de 33% maior do que a média das outras espécies, porém mostrou pouca habilidade em absorver K (Figuras 3A e 3C). As espécies não se diferenciaram na absorção de Ca (Figura 3D). *Croton limae* absorveu menos Mg do que as outras espécies (Figura 2E).

Os elevados teores de N nas espécies podem ser devidos a decomposição da matéria orgânica que se intensifica no período úmido no ambiente de floresta seca (ALBUQUERQUE et al., 2018). Vale ressaltar também que esta floresta está inserida na chapada do Araripe, onde o regime pluviométrico é mais elevado do que em áreas de baixada, disponibilizando mais N para absorção pelas plantas. Silva et al. (2018) relataram que a precipitação pluviométrica intensifica a decomposição da matéria orgânica, elevando a disponibilidade de N.

Os teores de P e N demonstraram que apenas uma espécie foi responsável pela absorção desses nutrientes: *Guapira opposita* para N e *Pilocarpus spicatus* para P (Figuras 3A e 3B). Para K, Ca e Mg as espécies se agruparam e a responsabilidade da absorção desses nutrientes foi de mais de uma espécie (Figuras 3C, 3D e 3E). As estratégias das espécies quanto a absorção de nutrientes podem ser diferentes a depender das características do sítio (ESPIG et al., 2008), além de suas habilidades genéticas específicas (JEWELL et al., 2016). Portanto, sugere-se que as espécies possuem estratégias funcionais semelhantes para a absorção de K, Ca e Mg, com exceção de *Guapira opposita* para K e *Croton limae* para Mg, considerando os baixos teores desses nutrientes no solo (Tabela 1), característica comum em solos tropicais que apresentam baixa fertilidade natural (Santana e Souto, 2011).

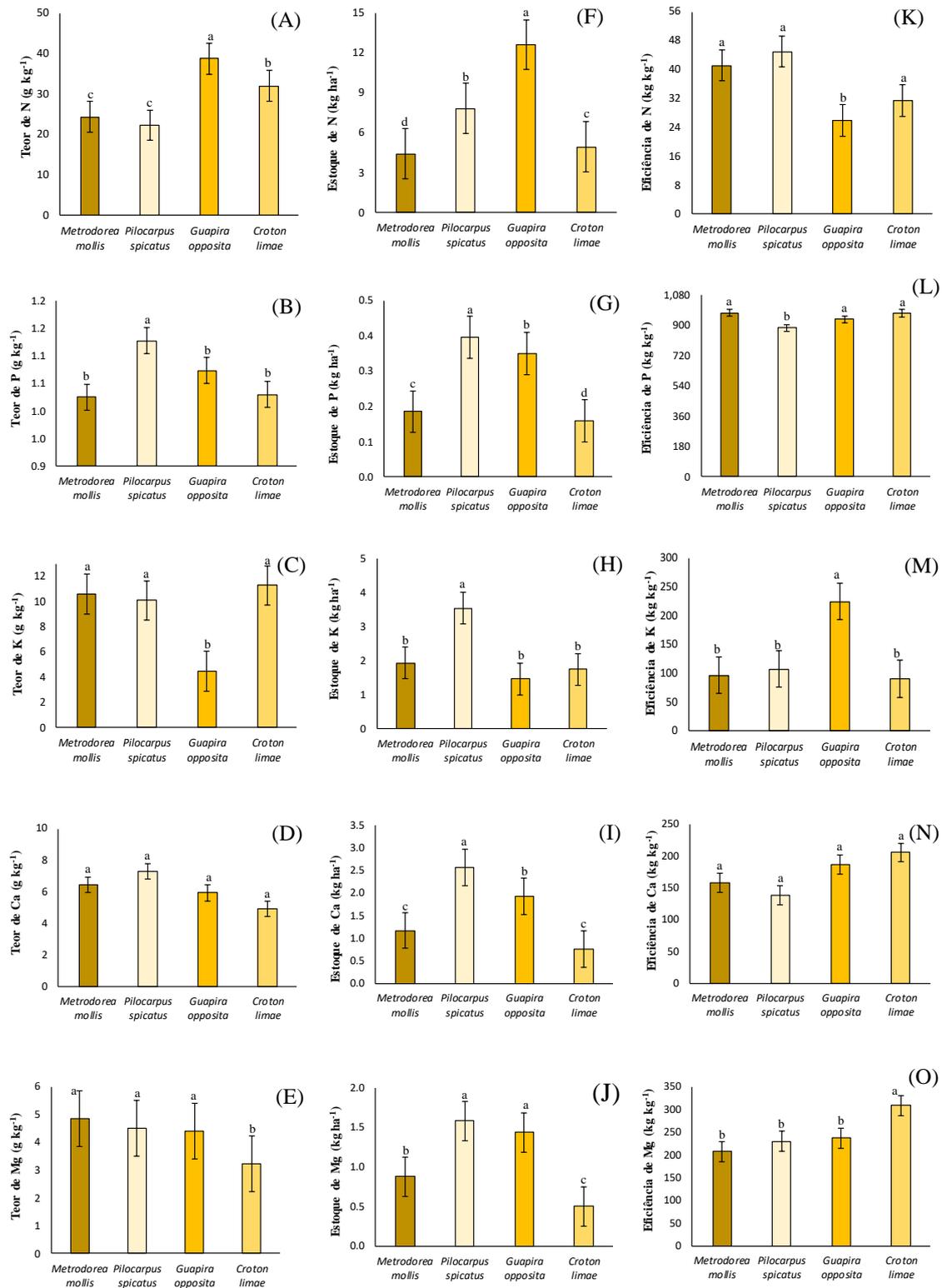


Figura 3: Teores (A, B, C, D e E), estoques (F, G, H, I e J) e eficiências nutricionais (K, L, M, N e O) de N, P, K, Ca e Mg das espécies da floresta tropical seca. Médias representadas pela mesma letra entre as espécies não diferem pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Os teores de P e K das espécies estão abaixo dos propostos por Faquin (2002) para essências florestais. Santos et al. (2015) avaliando solo de floresta seca constataram pouca

disponibilidade de P no solo, comprovada pelos baixos teores de P apresentados pelas espécies. As espécies apresentaram teores adequados aos sugeridos por Faquin (2002) para os nutrientes Ca e Mg, demonstrando habilidade na absorção desses nutrientes.

O estoque de nutrientes de uma espécie resulta da relação entre a biomassa seca da espécie e o seu teor nutricional (ALBUQUERQUE et al., 2018). A partir deste é possível identificar no ambiente florestal que espécie possui a maior quantidade armazenada de um nutriente.

Pilocarpus spicatus e *Guapira opposita* apresentaram os maiores estoques de nutrientes, sendo responsáveis por 26 e 42% do estoque de N; 36 e 32% do estoque de P e 41 e 17% do estoque de K; 40 e 30% do estoque de Ca e 36 e 33% do estoque de Mg, respectivamente (Figura 3B). Esse efeito foi influenciado pelas elevadas biomassas foliares dessas espécies, quando comparadas com as demais espécies (Tabela 3). Outros estudos em florestas semelhantes apresentaram esse mesmo comportamento (Alves et al., 2017).

Dada a expressividade dos estoques nutricionais de N, P, K, Ca e Mg de *Pilocarpus spicatus* e *Guapira opposita* pode-se inferir que estas espécies são essenciais para o equilíbrio nutricional desse ecossistema. Portanto, quaisquer impactos antrópicos que venham provocar a supressão dessas espécies podem provocar riscos a toda a comunidade do fragmento. Ademais, espécies que possuem tais características num ambiente de floresta tropical seca podem servir de base para estratégias de restauração e planos de manejo florestal sustentável, que poucas vezes consideram a sustentabilidade nutricional dos ambientes em que estão propondo intervenção. Considerando que foram destaque na estocagem de nutrientes, mesmo em condições adversas (solo naturalmente pobre), sendo capazes de aportar um material vegetal de melhor qualidade nutricional quando houver abscisão foliar.

Os nutrientes foram absorvidos com maior eficiência na seguinte ordem decrescente: P>Mg>K>Ca>N (Figuras 3K, L, M, N e O). *Guapira opposita* foi mais eficiente na utilização de K (Figura 3M), demonstrando a relevância desta espécie para a sustentabilidade nutricional da floresta e *Croton limae* foi mais eficiente na utilização de Mg (Figura 3O). As espécies se diferenciaram pouco na utilização de N, P e Ca. Destacando negativamente *Guapira opposita* para N; *Pilocarpus spicatus* na eficiência de P enquanto em Ca nenhuma espécie se sobressaiu as demais (Figuras 3K, L e N).

As espécies que apresentam menores teores nutricionais foram mais eficientes em utilizar esses nutrientes. Teor e eficiência apresentam relação inversa e independente do tipo de floresta, como foi verificado nos estudos de Alves et al. (2017), para ambiente de floresta seca, e Espig

et al. (2008), para floresta úmida. Ambientes com baixa disponibilidade nutricional normalmente têm espécies com alta eficiência de utilização de nutrientes (LIMA et al., 2018), proporcionando melhor aproveitamento dos recursos naturais do solo.

4.1.2. Características nutricionais das espécies de floresta tropical úmida

As espécies apresentaram teores semelhantes de N e P na floresta tropical úmida (Figuras 4 A e B). A elevada demanda das plantas por N (KURPPA, LEBLANC e NYGREN, 2010), bem como a baixa disponibilidade de P em solos tropicais (Tabela 1), podem justificar esse comportamento. As três espécies apresentaram padrões semelhantes onde nenhuma se sobressaiu quanto a absorção. Os nutrientes K e Mg foram mais absorvidos por *Brosimum guianense* (Figuras 4 C e E). As espécies apresentaram a seguinte ordem decrescente de teores nutricionais: N>K>Ca>Mg>P, semelhante ao encontrado por Espig et al. (2008), quando avaliaram o teor de nutrientes em dez espécies de maior valor de importância no mesmo fragmento.

De acordo com esses mesmos autores, a diversidade de espécies e seus teores nutricionais diversificados proporcionam a sustentabilidade nutricional dos ecossistemas. As espécies que possuem maiores teores, por armazenar nutrientes em maiores quantidades, podem auxiliar na demanda daquelas espécies pouco eficientes nutricionalmente, minimizando perdas e contribuindo para a perpetuação dos serviços ecossistêmicos proporcionados pela floresta (Espig et al., 2008).

Com exceção de Ca, *Dialium guianense* foi a espécie que mais estocou nutrientes, representando 51, 49, 39 e 45% do N, P, K e Mg estocado pelas espécies (Figura 4 F, G, H e J). A biomassa foliar dessa espécie foi o fator que mais contribuiu para esse resultado, exibindo os maiores valores por indivíduo e por ambiente (Tabela 3).

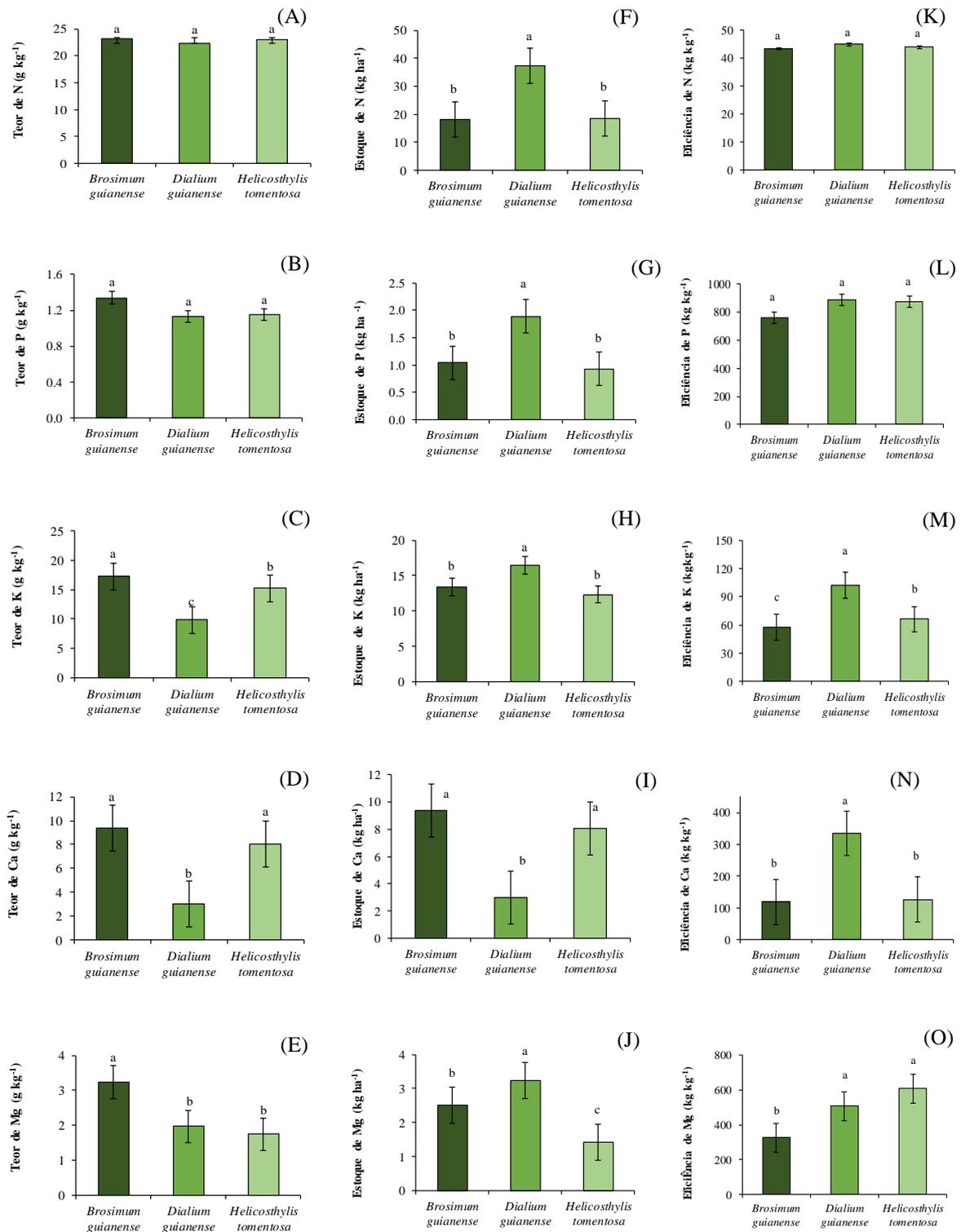


Figura 4: Teores (A, B, C, D e E), estoques (F, G, H, I e J) e eficiências nutricionais (K, L, M, N e O) de N, P, K, Ca e Mg das espécies da floresta tropical úmida. Médias representadas pela mesma letra entre as espécies não diferem pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

A biomassa influencia os estoques nutricionais por compor essa variável multiplicando seus valores com o teor dos nutrientes. Nesse estudo, a estimativa de biomassa da espécie

Dialium guianense foi mais elevada quando comparada a estimativa realizada no estudo de Espig et al. (2008). A estimativa da biomassa realizada pela equação proposta por Chave et al. (2014) é mais criteriosa do que a de Golley et al. (1978), utilizada no estudo de Espig et al. (2008), por incluir mais variáveis nessa estimativa, como: altura e densidade básica da madeira.

Os nutrientes foram absorvidos com maior eficiência na seguinte ordem decrescente: $P > Mg > Ca > K > N$. A eficiência de utilização nutricional das espécies da floresta tropical úmida apresentou diferenças para K e Ca, com *Dialium guianense* apresentando as melhores eficiências de utilização para esses nutrientes (Figuras 4M e O). Por esta razão *Dialium guianense* se apresenta como a mais relevante na dinâmica nutricional dessa área. Certamente suas características nutricionais contribuem expressivamente para a sustentabilidade nutricional desse ecossistema florestal, considerando seu desempenho atrelado as quantidades de biomassa que esta espécie possui.

4.1.3. Características nutricionais das florestas tropicais seca e úmida

Os teores nutricionais de N e Mg das espécies na floresta tropical seca foram superiores aos teores desses nutrientes na floresta tropical úmida (Figuras 5A e E). No entanto, os teores de P e K das espécies foram maiores na floresta tropical úmida (Figuras 5B e C). O teor de Ca das espécies foi semelhante nas duas florestas (Figura 5D). As duas florestas apresentaram a mesma ordem decrescente para os teores nutricionais em suas espécies: $N > K > Ca > Mg > P$.

As biomassas somadas das espécies da floresta tropical úmida foram três vezes superiores a soma das biomassas das espécies da floresta tropical seca (Tabela 3), contribuindo diretamente para o maior estoque nutricional naquela floresta (Figura 5F, G, H, I e J), constatando que nas florestas úmidas há um maior estoque de nutrientes armazenado em sua biomassa aérea. Vale salientar que na floresta úmida foram avaliadas três espécies, enquanto que na floresta seca avaliou-se quatro espécies.

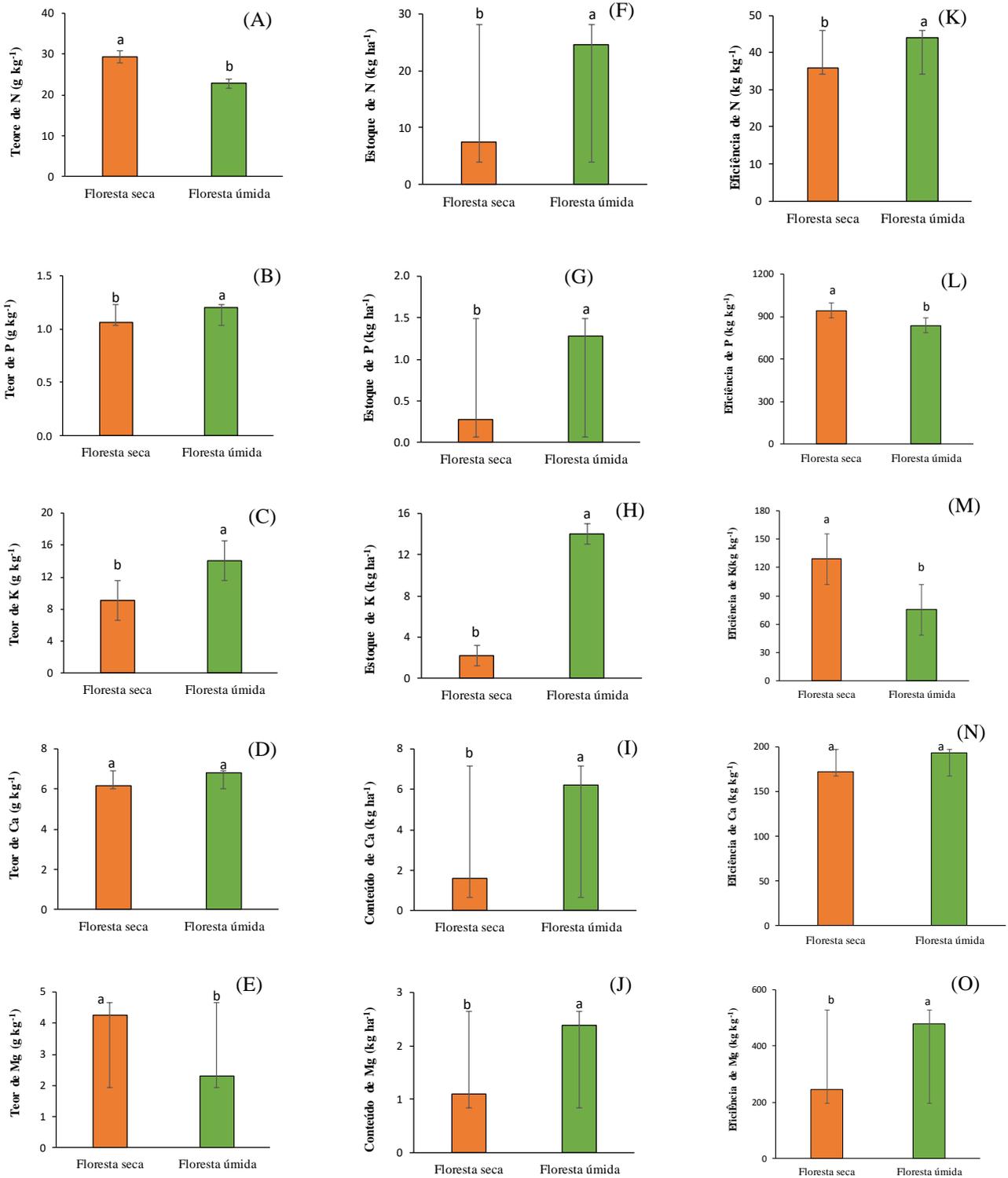


Figura 5: Teor (A), conteúdo (B) e eficiência nutricional (C) de N, P, K, Ca e Mg nos ambientes de florestas tropicais seca, e úmida. Médias representadas pela mesma letra entre as florestas não diferem pelo teste de F a 5% de probabilidade.

As espécies da floresta tropical seca foram mais eficientes para utilização nutricional de P e K (Figuras 5 L e M) e menos eficientes na utilização de N e Mg do que a floresta tropical úmida (Figuras 5 K e O). O Ca apresentou resultados semelhantes para os dois ambientes (Figura 5 N). Essas diferenças na eficiência nutricional entre os ambientes advêm em parte dos padrões diferenciados na eficiência das espécies dentro dos seus respectivos ambientes (Figuras 3 e 4). Apesar de ambas as florestas possuírem teores de nutrientes no solo considerados baixos, especialmente para P (Tabela 1), a acidez e a lixiviação de nutrientes por chuvas mais frequentes na floresta úmida podem justificar essa menor eficiência. Adicionalmente, na floresta úmida os teores de Al no solo foram mais elevados (Tabela 1). Em solos com teores de Al elevados, as plantas apresentam dificuldade em absorver P, pela maior fixação desses nutrientes em compostos de Al do solo (Balemi e Negisho, 2012). Saliente-se que estudos que procuram explicar as dinâmicas nutricionais entre ambientes florestais distintos são raros e importantes.

4.2 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES NAS FLORESTAS TROPICAIS SECA E ÚMIDA

4.2.1 Variação anual da produção, teores e aporte de nutrientes em espécies de floresta tropical seca

A produção de serapilheira variou entre as espécies de floresta tropical seca ao longo do período de avaliação. Foi possível perceber que existe um período de intensa produção de biomassa foliar seca que se iniciou no tempo de 270 dias de avaliação. A espécie que aportou maior quantidade de folhas no ambiente foi *Guapira opposita* seguida por *Metrodorea mollis*. A espécie que menos aportou biomassa na serapilheira foliar foi *Pilocarpus spicatus* (Figura 6 A e B), esses resultados se relacionam com as texturas foliares das espécies, porque as folhas das espécies subcoriáceas, por serem mais espessas apresentam maior massa quando comparadas as de textura cartácea (Tabela 3).

Uma outra explicação para este fato se dá pela ausência ou pouca incidência de folhas das espécies com textura cartácea em alguns períodos do ano. Especialmente no final da estação seca quando as espécies de folhas mais finas já têm liberado boa parte da sua biomassa foliar como estratégia para reduzir as perdas por transpiração (Tabela 3).

A espécie *Metrodorea mollis*, que apresentou biomassa foliar estimada de 180,94 kg ha⁻¹ (Tabela 3), apresentou um aporte de serapilheira foliar de 366,98 kg ha⁻¹ (Figura 6 B), o que indica uma alta renovação das folhas desta espécie, considerando que foram observadas folhas

verdes em grande quantidade, mesmo nas épocas mais secas, durante todo o período de estudo, diferente do que se observou nas espécies *Croton limae* e *Pilocarpus spicatus*.

Vale ressaltar que a maioria dos estudos que abordam a serapilheira consideram a junção de todas as espécies nas frações estudadas. Santana & Souto (2011) também procuraram investigar as contribuições de espécies de floresta tropical seca abrangendo apenas a serapilheira foliar por se tratar da fração mais expressiva na produção.

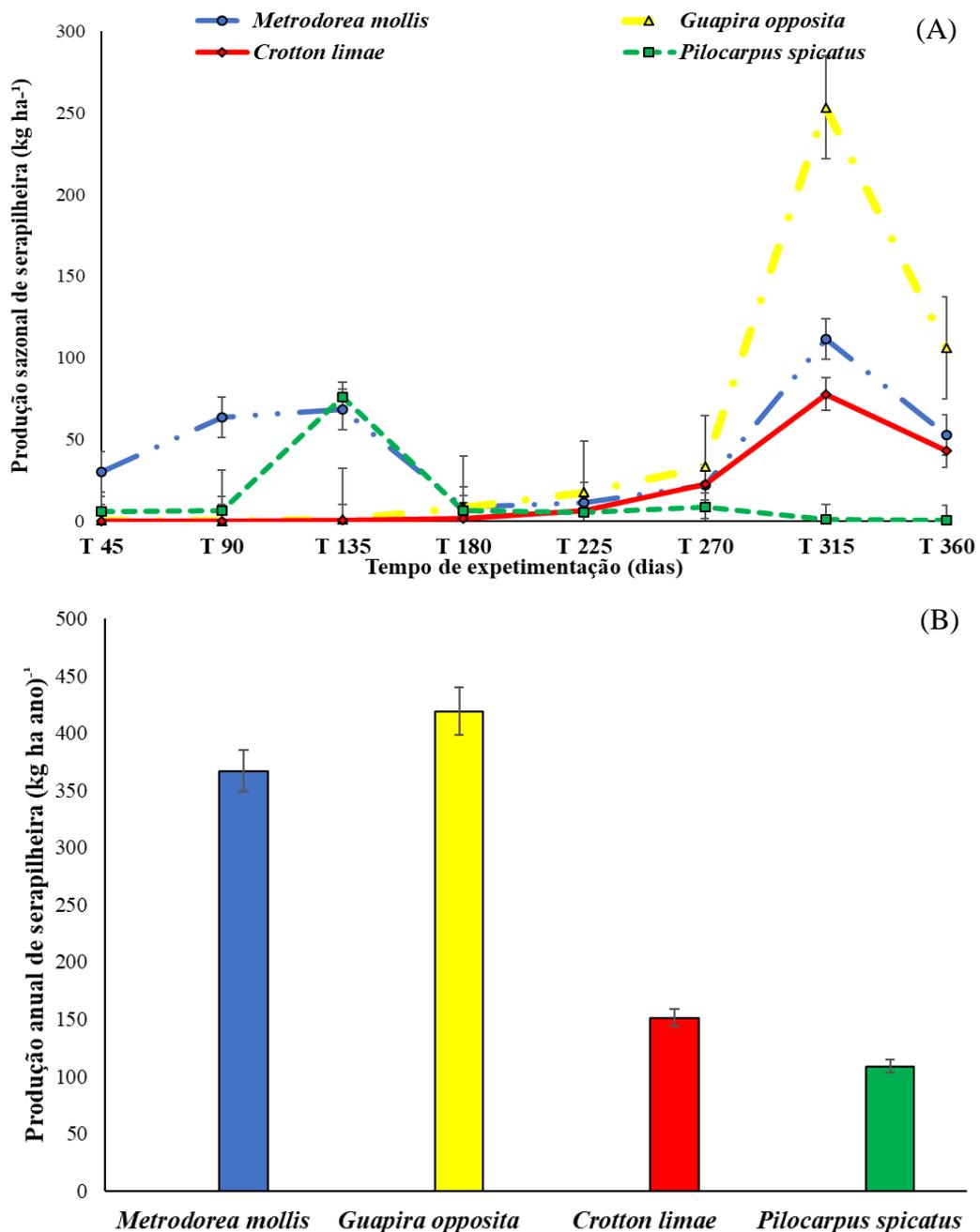


Figura 6: Variação na produção de serapilheira ao longo do tempo (A) e total anual de serapilheira foliar (B) nas espécies de floresta tropical seca, Araripina, Pernambuco.

A produção anual de serapilheira foliar das espécies estudadas foi de 1046,19 kg ha ano⁻¹ onde a espécie *Guapira opposita* foi responsável por 40% desse valor; A espécie *Metrodorea mollis* contribuiu com 35%. Estudos em floresta seca de Caatinga encontraram valores de serapilheira total que variaram de 6671,86 a 8440,00 kg ha⁻¹, (MACIEL et al., 2012, LIMA et al., 2015; SOUZA et al., 2016). No entanto, aqui tratamos da produção de uma fração da serapilheira, a foliar e ainda a subdividimos em apenas quatro espécies, em que foi possível mensurar a produção de forma individual, o que caracteriza a investigação de uma subfração. As diferenças entre as espécies interferem diretamente na dinâmica da serapilheira, porque este processo é relacionado a muitos fatores biológicos e ambientais (SCHINDLER; GEESNER, 2009) e as variações entre as fenologias e texturas foliares das espécies (LIMA; RODAL 2010; LIMA et al., 2012).

É importante lembrar que a instalação dos coletores foi determinada pela presença das espécies na unidade amostral e, além disso, o padrão metodológico para estes estudos investiga o aporte em apenas 1m², enquanto no presente estudo tivemos uma média de aporte oriunda de uma área de 5m² em cada uma das quatro parcelas onde houve realização do monitoramento da produção de serapilheira, proporcionando mensurações mais condizentes com a realidade da produção de serapilheira foliar das espécies neste ambiente.

Os teores de nutrientes encontrados na serapilheira foliar das espécies de floresta tropical seca apresentaram variação entre espécies e tempo de avaliação para os nutrientes N e P (Tabela 4). Para K, Ca e Mg não houve variação entre os teores encontrados na serapilheira foliar para as espécies, nem entre os tempos de avaliação (Tabela 4). De maneira geral os teores médios de nutrientes das espécies seguiram a seguinte ordem decrescente: Ca>N>K>Mg>P.

Os teores de N variaram de 6,38 a 39,37 g kg⁻¹. Estudando os teores da fração folhas em serapilheira de floresta seca de Caatinga, Holanda et al. (2017) obtiveram valores semelhantes aos encontrados nesse estudo. Os teores de P apresentaram valor máximo de 3,73 e mínimo de 0,20 g kg⁻¹, com médias entre espécies variando de 0,87 a 2,01 g kg⁻¹. Esses valores se assemelham aos encontrados por Souto et al. (2009).

A variação dos teores médios entre as espécies para K, Ca e Mg apresentaram valores mínimos de 1,86; 14,19 e 0,78 g kg⁻¹, enquanto os valores máximos foram de 3,23; 25,42 e 3,15 g kg⁻¹, respectivamente. Os estudos de Souto et al. (2009) e Holanda et al. (2017) encontraram teores que se assemelham aos obtidos nesse estudo.

Para N e P observou-se que a partir do período de avaliação T180 há um acréscimo nos teores médios das espécies, sugerindo que as variáveis ambientais como as condições climáticas

promoveram diferenças entre a quantidade de nutrientes aportada na serapilheira de cada período. Souto et al. (2009) verificaram que durante o período de chuvas a queda de folhas recém formadas elevou os teores de N na serapilheira. As chuvas também podem enriquecer a serapilheira transferindo N_2 da atmosfera para o material vegetal aportado (PEREZ-MARIN; MENEZES 2008).

Tabela 4: Teores de N, P, K Ca e Mg da serapilheira foliar da floresta tropical seca em função da espécie e tempo de avaliação

Tempo (dias)	N				P				K				Ca				Mg			
	Espécie				Espécie				Espécie				Espécie				Espécie			
	<i>Metrodorea</i> <i>mollis</i>	<i>Guapira</i> <i>opposita</i>	<i>Croton</i> <i>limae</i>	<i>Pilocarpus</i> <i>spicatus</i>																
	g kg ⁻¹																			
T45	26,74 Aa	6,64 Bg	-	20,13 Af	1,63 Ae	1,56 Af	-	1,98 Ac	2,88	2,03	-	3,25	26,60	14,56	-	26,39	5,81	1,32	-	5,39
T90	12,93 Ah	-	-	-	1,12 Af	-	-	-	1,87	-	-	-	22,93	-	-	-	2,71	-	-	-
T135	16,13 Bf	15,72 Be	-	20,22 Ae	1,91 Bd	2,72 Ac	-	1,91 Bd	1,84	4,93	-	2,55	29,13	29,14	-	29,94	1,46	1,48	-	1,45
T180	22,40 Bc	15,52 Cf	16,26 Cb	39,37 Aa	2,14 Ba	2,57 Ad	1,48 Cb	2,19 Ba	2,35	3,00	2,22	2,61	29,33	29,12	22,17	28,72	0,91	2,43	0,81	2,40
T225	23,96 Bb	19,63 Cc	12,32 Dd	27,21 Ab	2,04 Bc	2,28 Ae	1,48 Cb	2,04 Bb	2,18	2,18	1,98	3,17	28,62	29,21	20,72	30,26	1,24	8,90	1,01	1,23
T270	20,08 Dd	28,74 Ab	21,84 Ca	23,01 Bc	2,12 Bb	3,76 Aa	3,53 Ba	1,85 De	2,89	2,57	2,77	8,17	15,68	28,87	28,62	22,80	8,26	6,28	2,02	2,36
T315	13,92 Cg	17,92 Bd	13,63 Dc	20,87 Ad	0,25 Ch	2,9 Ab	0,26 Cc	1,23 Bf	5,33	4,16	4,16	2,23	26,42	25,85	20,15	19,26	1,29	2,97	1,21	0,94
T360	16,46 Be	38,11 Aa	9,01 Ce	6,38 Dh	0,26 Bg	0,26 Bg	0,20 Cd	0,46 Ag	6,50	5,00	3,76	0,74	24,62	25,72	21,90	5,55	1,59	1,78	1,15	0,35
Média	19,08	17,79	9,13	21,36	1,43	2,01	0,87	1,62	3,23	3,06	1,86	3,03	25,42	22,39	14,19	23,16	2,91	3,15	0,78	1,90
	F				F				F				F				F			
Espécie	24,78**				15,64**				1,01 ^{ns}				1,06 ^{ns}				1,0 ^{ns}			
Tempo	14,42**				23,46**				0,99 ^{ns}				0,99 ^{ns}				1,00 ^{ns}			
E x T	7,08**				4,53**				1,00 ^{ns}				0,99 ^{ns}				1,00 ^{ns}			

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na linha (espécies) e minúsculas nas colunas (tempo) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5 % de probabilidade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. ns não significativo.

Para o aporte de nutrientes da floresta seca foram obtidas variações significativas entre as espécies, os tempos de avaliação e a interação entre esses fatores para todos os nutrientes avaliados (Tabela 5).

O aporte total de nutrientes mensurado nas quatro espécies deste estudo apresentou a seguinte ordem decrescente: Ca>N>K>Mg>P (Tabela 5). Semelhante ao encontrado por Holanda et al. (2017) na serapilheira foliar total.

A baixa mobilidade de Ca influenciou na sua deposição neste ambiente. Em períodos secos, Moura (2010) relata que antes da queda das folhas, as plantas translocam os nutrientes móveis, enquanto com Ca há uma maior dificuldade, acarretando na concentração deste nutriente na serapilheira foliar aportada.

Os baixos teores de P na biomassa foliar das espécies estudadas e sua baixa disponibilidade no solo influenciaram o baixo aporte desse nutriente. Em estudo em área de Caatinga, Alves et al. (2017) relataram baixos teores de P nas folhas e associaram este resultado as poucas quantidades no solo.

Quanto as espécies, a biomassa de serapilheira aportada foi o fator que mais influenciou a diferenciação no retorno dos nutrientes. *Guapira opposita* foi a responsável pelo maior aporte de todos os nutrientes, seguida de *Metrodorea mollis*, enquanto *Pilocarpus spicatus* apresentou os menores valores, mesmo quando comparado a espécie *Crotton limae*, que não apresentou folhas em três períodos deste estudo do T45, T90 e T135 (Figura 6 A).

Tabela 5: Aporte de N, P, K Ca e Mg da serapilheira foliar da floresta tropical seca em função da espécie e tempo de avaliação

Tempo (dias)	N				P				K				Ca				Mg			
	Espécie				Espécie				Espécie				Espécie				Espécie			
	<i>Metrodorea a</i>	<i>Guapira</i>	<i>Croton</i>	<i>Pilocarpus</i>	<i>Metrodorea</i>	<i>Guapira</i>	<i>Croton</i>	<i>Pilocarpus</i>												
	<i>mollis</i>	<i>opposita</i>	<i>limae</i>	<i>spicatus</i>	<i>mollis</i>	<i>opposita</i>	<i>limae</i>	<i>spicatus</i>	<i>mollis</i>	<i>opposita</i>	<i>limae</i>	<i>spicatus</i>	<i>mollis</i>	<i>opposita</i>	<i>limae</i>	<i>spicatus</i>	<i>mollis</i>	<i>opposita</i>	<i>limae</i>	<i>spicatus</i>
	g ha ⁻¹																			
T45	798 Ae	10 Af	-	117 Ae	49 Ad	2 Ag	-	11 Ad	86 Ae	3 Ag	-	19 Ac	794 Ae	23 Ag	-	153Ae	173 Ac	2 Ag	-	31 Ab
T90	822 Ac	-	-	-	71 Ab	-	-	-	119 Ac	-	-	-	1458 Ac	-	-	-	172 Aa	-	-	-
T135	1100 Bb	143 Cg	-	1538 Aa	130 Aa	25 Ae	-	145 Ba	126 Ad	45 Af	-	194 Aa	1989 Ab	265 Af	-	2278 Aa	100 Ae	13 Bf	-	110 Aa
T180	187 Ah	1309 Ae	229 Ae	247 Ab	18 Ag	217 Af	21 Ab	14 Ac	20 Ah	253 Ae	31 Ae	16 Ad	245 Ah	2458 Ae	313 Ae	180 Ab	8 Ah	205 Ae	12 Ae	15 Ac
T225	269 Ag	3413 Ad	809 Bd	142 Bc	23 Bf	397 Ac	97 Cc	11 Ce	24 Ag	380 Ad	130 Bd	16 Be	322 Af	5079 Bd	1360 Cd	157 Cd	14 Bg	1547 Ad	67 Bd	6 Be
T270	435 Cf	9488 Ac	566 Bc	189 Dd	46 Cc	1240 Ab	91 Ba	15 Db	62 Bf	849 Ac	72 Cd	67 Cd	340 Cg	9530 Ac	741 Bc	187 Dc	179 Bb	2074 Ab	52 Cb	19 Dd
T315	1551 Ba	45400 Aa	1057 Ca	18 Dc	28 Be	7354 Aa	20 Cd	1 Df	593 Ba	12066 Aa	323 Dc	2 Dc	2944 Ba	65489 Aa	1562 Ca	17 Df	144 Bd	7528 Aa	94 Cc	1 Df
T360	865 Bd	40352 Ab	386 Cb	2 Dg	14 Bh	277 Ad	8 Ce	0 Dg	342 Bb	5291 Ab	161 Ca	0 Ca	1295 Bd	27232 Ab	939 Cb	2 Dg	84 Bf	1884 Ac	49 Ca	-
Média	753	12514	381	282	47	1189	30	25	172	2361	90	39	1173	13760	614	372	109	1657	34	23
kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	6,03	100,1	3,0	2,3	0,4	9,5	0,2	0,2	1,4	18,9	0,7	0,3	9,4	110,1	4,9	3,0	0,9	132,5	0,3	0,2
	F				F				F				F				F			
Espécie	7,59***				8,94***				6,54***				6,46***				11,36***			
Tempo	6,33***				8,08***				9,97***				7,10***				5,05***			
E x T	4,16***				9,09***				3,74***				3,99***				4,80***			

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na linha (espécies) e minúsculas nas colunas (tempo) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5 % de probabilidade. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. ns não significativo.

4.2.2 Variação anual da produção de serapilheira, teores e aporte de nutrientes em floresta tropical úmida

A produção de biomassa foliar no ambiente de floresta úmida variou ao longo do ano e entre as espécies (Figura 7 A). *Brosimum guianense* foi a espécie que mais produziu serapilheira. A proporção de biomassa produzida pelas espécies foi de 82, 13 e 6% para as espécies *Brosimum guianense*, *Dialium guianense* e *Helicostylis tomentosa*, respectivamente.

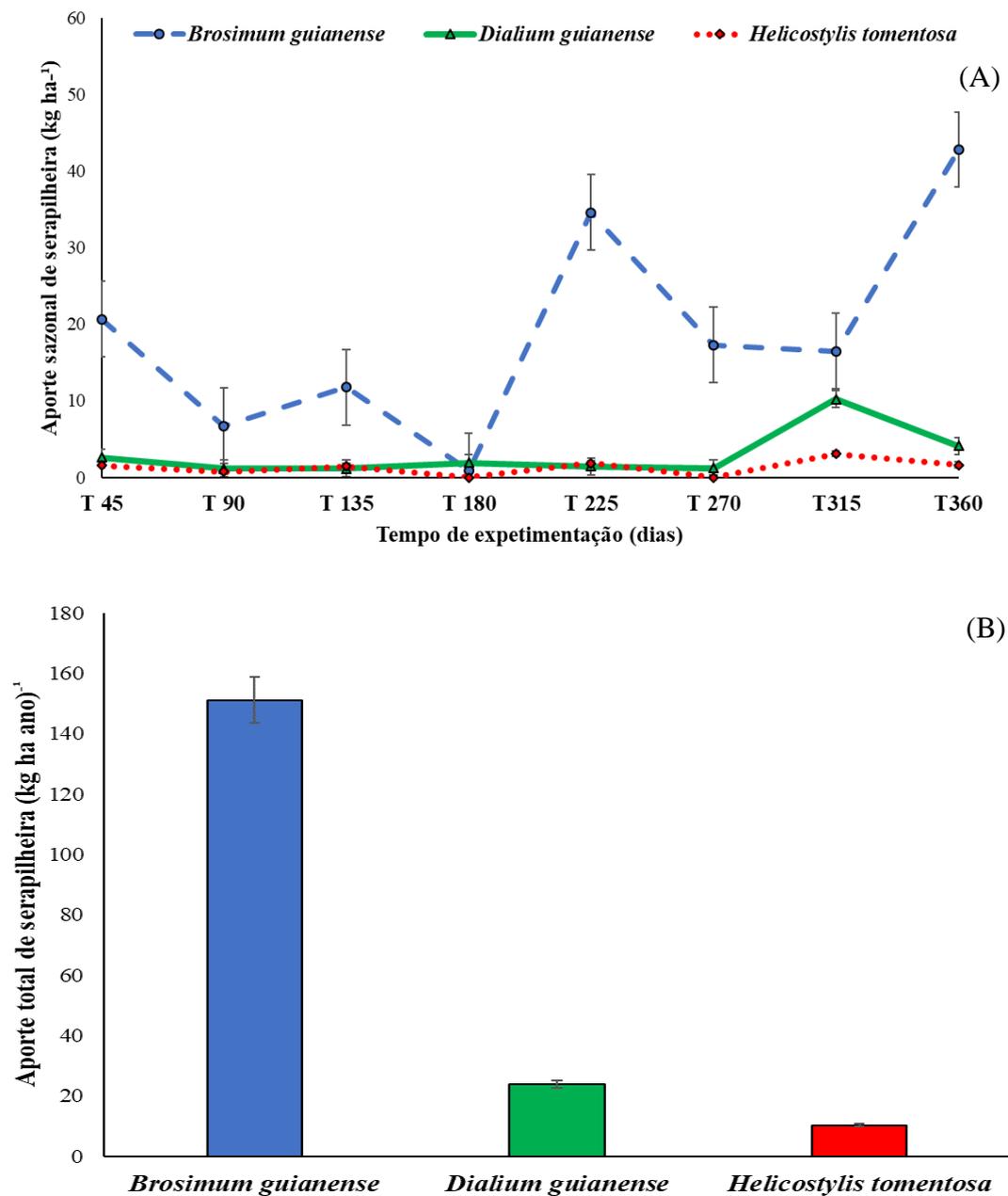


Figura 7: Variação na produção de serapilheira ao longo do tempo (A) e total anual de serapilheira foliar (B) nas espécies de floresta tropical úmida, Recife, Pernambuco.

A produção anual foliar somada dessas espécies foi de 185,36 kg ha⁻¹. Schumacher et al. (2018) estudando a produção de serapilheira de sete espécies em floresta estacional decidual durante oito anos encontraram valores para algumas espécies que se assemelharam aos desse estudo, como 70,4 kg ha⁻¹ para a espécie *Cupanea vernalis* e 102,2 kg ha⁻¹ para o grupo das espécies da família *Fabaceae*. No entanto, esses autores relataram alta variação na produção de todas as frações ao longo do estudo.

A concentração de nutrientes na serapilheira do ambiente de floresta tropical úmida apresentou a seguinte ordem decrescente: N>Ca>Mg>K>P e variou com as espécies e tempo para os nutrientes P, K, Ca e Mg (Tabela 6). A ordem decrescente dos nutrientes relatada por Schumacher et al. (2018) foi semelhante a desse estudo, alterando apenas as posições entre Mg e K. Para N foi observada variação apenas entre as espécies. Essa variação indicou que, dentro de uma mesma espécie, a deposição desses nutrientes não variou ao longo do ano. Sanches et al (2009) observaram que a produção de serapilheira variou ao longo do ano influenciada pelas variáveis climáticas da região. Enquanto que Godinho et al (2014) observaram que a serapilheira produzida variou em teores nutricionais ao longo do ano com os teores mais baixos observados nos meses de abril e maio e os maiores nos meses de setembro e outubro em floresta semelhante a deste estudo.

Para N os teores médios da espécie *Dialium guianense* foram superiores aos de *Brosimum guianense* e *Helicostylis tomentosa*. Esse efeito pode ser explicado pela família botânica de *Dialium guianense* (Fabaceae) (Tabela 2). Essa família apresenta associações com microrganismos que promovem uma maior fixação de N₂ da atmosfera (GONÇALVES et al., 2013).

A espécie *Dialium guianense* também foi a que apresentou os maiores teores de P, seguida de *Brosimum guianense* e por último *Helicostylis tomentosa*. Os teores de P encontrados na serapilheira dessas espécies foram inferiores aos teores médios obtidos por Schumacher et al. (2018). No entanto, em alguns períodos de coleta não foi possível determinar a concentração de P nas amostras. Sabe-se que a concentração de nutrientes pode variar de acordo com vários fatores, entre eles um dos mais determinante é a espécie, mas ainda podemos citar, parte da planta, idade etc. (LARCHER, 2000); ou mesmo efeitos sazonais, qualidade do solo, lixiviação e luz disponível (BOEGER; WISNIEWSKI; REISSMANN, 2005). Em um cenário natural, espera-se que existam espécies com características nutricionais diferentes contribuindo com o equilíbrio ambiental.

Quanto aos teores de K, as espécies apresentaram teores na serapilheira menores do que os encontrados na biomassa foliar e na fração folhas da serapilheira produzida na mesma floresta dos estudos realizados por Espig et al. (2008) e Espig et al. (2009). O que sugere que houve diminuição dos teores desse nutriente na serapilheira, muito embora no estudo de serapilheira supracitado, a fração folhas tivesse a contribuição de várias espécies. Entre as espécies, *Brosimum guianense* apresentou os maiores valores de K na serapilheira foliar.

Os teores de Ca apresentaram semelhança com os encontrados na serapilheira foliar por Espig et al. (2009) na fração folhas e Schumacher et al. (2018). Entre as espécies, *Dialium guianense* e *Brosimum guianense* apresentaram os maiores teores na serapilheira foliar e *Helicostylis tomentosa*, os menores valores.

Tabela 6: Teores de N, P, K Ca e Mg da serapilheira foliar da floresta tropical úmida em função da espécie e tempo de avaliação.

Tempo	N			P			K			Ca			Mg		
	Espécie			Espécie			Espécie			Espécie			Espécie		
	<i>Dialium guianense</i>	<i>Brosimum guianense</i>	<i>Helycostilis tementosa</i>	<i>Dialium guianense</i>	<i>Brosimum guianense</i>	<i>Helycostilis tementosa</i>	<i>Dialium guianense</i>	<i>Brosimum guianense</i>	<i>Helycostilis tementosa</i>	<i>Dialium guianense</i>	<i>Brosimum guianense</i>	<i>Helycostilis tementosa</i>	<i>Dialium guianense</i>	<i>Brosimum guianense</i>	<i>Helycostilis tementosa</i>
	g ha ⁻¹														
T45	15,79	15,02	7,6	2,99 Ac	2,70 Ab	1,94 Ba	3,08 Ab	0,54 Bd	0,55 Bh	26,04 Aa	9,62 Bg	10,99 Bb	2,31 Ah	4,18 Aa	3,45 Ab
T90	12,12	11,57	3,17	3,00 Ab	2,88 Aa	0,65 Bc	1,27 Be	2,10 Ac	0,22 Cf	15,32 Ac	13,43 Ab	3,76 Be	2,89 Ac	2,89 Ac	0,78 bf
T135	20,93	12,50	15,46	-	-	-	1,06 Af	1,00 Ac	1,01 Af	10,33 Af	11,52 Ae	8,41 Bc	3,35 Ab	2,37 Bg	3,71 Aa
T180	16,21	17,30	-	-	-	-	2,06 Ac	0,81 Bg	-	14,43 Ad	11,37 Bf	-	4,36 Ab	3,47 Bb	-
T225	16,86	10,91	11,04	-	-	-	1,56 Cd	2,35 Bb	3,64 Aa	17,13 Bb	19,98 Aa	11,91 Ca	1,83 Bh	2,63 Ae	1,21 Ce
T270	15,68	13,24	-	-	-	-	0,8 Bg	1,09 Af	-	7,65 Bh	13,13 Ac	-	2,88 Ad	2,88 Ad	-
T315	17,48	8,51	5,42	3,10 Aa	1,97 Bc	1,81 Cb	3,53 Aa	2,4 Ba	0,37 Ce	11,94 Ae	8,57 Bh	7,90 Cd	2,18 Cf	2,31 Bd	2,8 Ac
T360	16,01	11,57	5,28	0,28 Ad	0,25 Bd	-	0,62 Ch	2,12 Ac	1,90 Bb	8,74 Bg	12,46 Ad	2,16 Cf	2,23 Be	2,51 Af	1,86 Cd
Média	16,39 A	12,58 B	5,99 C	1,17	0,97	0,54	1,75	1,55	0,96	13,93	12,51	5,64	2,75	2,59	2,30
	F			F			F			F			F		
Tempo	2,06 ns			63,19***			3,82**			6,15***			6,22 **		
Espécie	27,98***			11,89***			4,45*			26,81***			2,10 ns		
T x E	1,59 ns			3,68***			3,52***			2,22**			2,32 *		

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na linha (espécies) e minúsculas nas colunas (tempo) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5 % de probabilidade. * ** e *** significativo ao nível de 5%, 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste de F. ns não significativo.

Os teores de Mg na serapilheira não se diferenciaram entre as espécies, apesar dos teores na biomassa foliar de *Brosimum guianense* serem superiores (Tabela 6). Esse comportamento não se repete na serapilheira foliar, indicando que em *Brosimum guianense* houve translocação desse nutriente antes da abscisão foliar. Em geral, os teores nutricionais foliares na serapilheira se assemelharam aos valores encontrados por Espig et al. (2009) e Schumacher et al. (2018).

Quanto as espécies, observou-se que a serapilheira produzida por *Dialium guianense* apresentou maiores teores de N e P. Para K e Ca as espécies *Brosimum guianense* e *Dialium* apresentaram teores semelhantes. Portanto, dentre as espécies, *Dialium guianense* se destacou das demais nos teores nutricionais da serapilheira foliar.

Os aportes de nutrientes na serapilheira foliar da floresta úmida foram consistentemente influenciados pela biomassa aportada pelas espécies durante o período (Tabela 7). O estudo de Schumacher et al (2018), observou diferenças entre o aporte das espécies presentes, considerando que o aporte se trata da multiplicação da biomassa pelo teor do nutriente, uma espécie que aporta maior biomassa irá contribuir em maiores proporções com o aporte de nutrientes. Observou-se uma deposição da espécie *Brosimum guianense* muito superior as demais. Por essa razão, independente dos teores encontrados, essa espécie foi a responsável pelo maior aporte.

No entanto, as biomassas de serapilheira foliar produzidas pelas espécies apresentaram valores inferiores aos aportes médios encontrados no estudo de Schumacher et al. (2018). Nesse estudo, os autores avaliaram produção das espécies durante oito anos contínuos e constataram alta variação entre as espécies, tendo algumas espécies apresentado valores que se assemelharam aos encontrados nesse estudo, como a espécie *Cupanea vernalis* que variou de 70,4 a 211,9 kg ha⁻¹.

Vale ressaltar que estudos com o fracionamento das folhas por espécie são raros, o que implica em metodologias não convencionais. Em florestas úmidas a distância das copas até os coletores pode desviar o aporte. Além desse fator, o reconhecimento do material de floresta úmida foi de mais difícil identificação, considerando que as folhas passavam até 45 dias nos coletores, sob a ação da umidade, o material deste ambiente era muito úmido, durante os intervalos de coleta as folhas, ainda nos coletores, iniciavam o processo de decomposição dificultando a posterior identificação.

Tabela 7: Aporte de N, P, K Ca e Mg da serapilheira foliar da floresta tropical úmida em função da espécie e tempo de avaliação

Tempo	N			P			K			Ca			Mg		
	Espécie			Espécie			Espécie			Espécie			Espécie		
	<i>Dialium guianense</i>	<i>Brosimum guianense</i>	<i>Helycostilis tementosa</i>	<i>Dialium guianense</i>	<i>Brosimum guianense</i>	<i>Helycostilis tementosa</i>	<i>Dialium guianense</i>	<i>Brosimum guianense</i>	<i>Helycostilis tementosa</i>	<i>Dialium guianense</i>	<i>Brosimum guianense</i>	<i>Helycostilis tementosa</i>	<i>Dialium guianense</i>	<i>Brosimum guianense</i>	<i>Helycostilis tementosa</i>
	g ha ⁻¹														
T45	41	310	12	8 Ab	56 Aa	3 Ba	8 Ab	11 Bh	1 Bd	68 Aa	199 Bg	17 Bb	6 Ah	86 Aa	5 A b
T90	14	78	2	3 Aa	19 Ac	0 Bc	1 Be	14 Ac	0 Cf	18 Ac	90 Ab	3 Be	3 Ac	19 Ac	1 Bf
T135	25	147	-	-	-	-	1 Af	12 Af	1 Af	12 Af	136 Ae	12 Bc	4 Ab	28 Bg	5 Aa
T180	31	15	20	-	-	-	4 Ac	1 Bg	-	28 Ad	10 Bf	-	8 Aa	3 Bb	-
T225	24	377	-	-	-	-	2 Cd	81 Bb	7 Aa	25 Bb	691 Aa	22 Ca	3 Bh	91 Ae	2 Ce
T270	19	289	17	-	-	-	1 Bg	19 Ae	-	9 Bh	227 Ac	-	2 Bg	50 Ad	-
T315	178	140	5	32 Bc	32 Aa	6 Cb	36 Aa	40 Ba	1 Ce	122 Ae	141 Bh	24 Cd	22 Cf	38 Bd	9 Ac
T360	66	490	9	1 Bd	11 Ad	-	2 Ch	91 Ac	3 Bb	36 Bg	533 Ad	3 Cf	9 Be	107 Af	3 Cd
Média	50 B	231 A	8 C	6	15	1	7	34	2	40	253	10	7	53	3
kg ha ano ⁻¹	0,4	1,8	0,07	0,04	0,1	0,009	0,06	0,3	0,01	0,3	2,0	0,08	0,06	0,4	0,03
	F			F			F			F			F		
Tempo	2,06 ns			63,19***			3,89**			6,15***			6,22 **		
Espécie	27,98***			11,89***			4,45*			26,81***			2,10 ns		
T x E	1,59 ns			3,68***			3,52***			2,82**			2,32 *		

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na linha (espécies) e minúsculas nas colunas (tempo) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5 % de probabilidade. *

** e *** significativo ao nível de 5%, 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste de F. ns não significativo.

4.3 DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES POR ESPÉCIES EM AMBIENTES DE FLORESTAS TROPICAIS SECA E ÚMIDA

4.3.1 Perda de massa nas espécies de floresta tropical seca

A perda de massa das espécies da floresta seca foi mais intensa no início do processo de decomposição e mais lenta no final da mensuração (Figura 8).

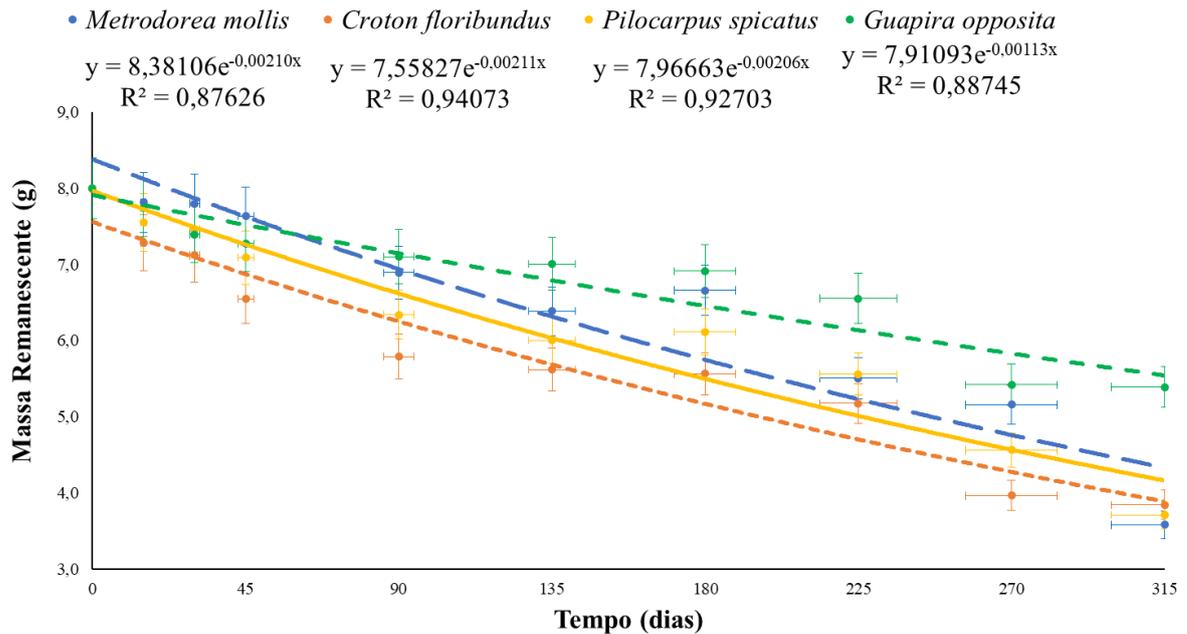


Figura 8: Massa remanescente em função do tempo e equações de regressão da decomposição das espécies da floresta tropical seca, Araripina, Pernambuco.

A *Guapira opposita* se mostrou mais resistente a decomposição (Figura 8). Esse efeito pode ser atribuído a composição química da espécie, a textura foliar e suas interações com as variações físicas e biológicas (JEWEEL et al., 2016).

As estratégias funcionais de perda de massa utilizadas pelas espécies *Metrodorea mollis*, *Croton limae*, *Pilocarpus spicatus* apresentaram padrão semelhante nas variáveis massa remanescente, constante de decomposição K, tempo de meia vida e tempo de 95% (Figura 3). Comportamento semelhante foi observado durante a avaliação nutricional deste estudo, apresentada anteriormente (Figura 3) onde as mesmas espécies se agruparam quanto aos teores de K, mostraram teores de N bem próximos e agruparam-se quanto aos estoques de P, evidenciando que as características nutricionais têm influência direta na decomposição.

A perda de massa, lenta no início do experimento de decomposição para todas as espécies, é explicada pelo arranjo dos organismos decompositores na colonização do material. É possível notar que há uma diminuição da velocidade de perda de massa durante o período seco, que se

iniciou após T135, afetando todas as espécies. Esse período compreende os meses de julho a outubro de 2017, onde constatou-se a época de menores precipitações pluviométricas e que registraram maiores temperaturas e umidade relativa do ar baixa (Figura 2 A).

A constante de decomposição das espécies *Metrodorea mollis*, *Croton limae* e *Pilocarpus spicatus* foi superior em 28,48% à da espécie *Guapira opposita*. Essa espécie apresentou t50% 283 dias maior que a espécie *Metrodorea mollis* e t95% 3,5 anos maior que a espécie *Pilocarpus spicatus*.

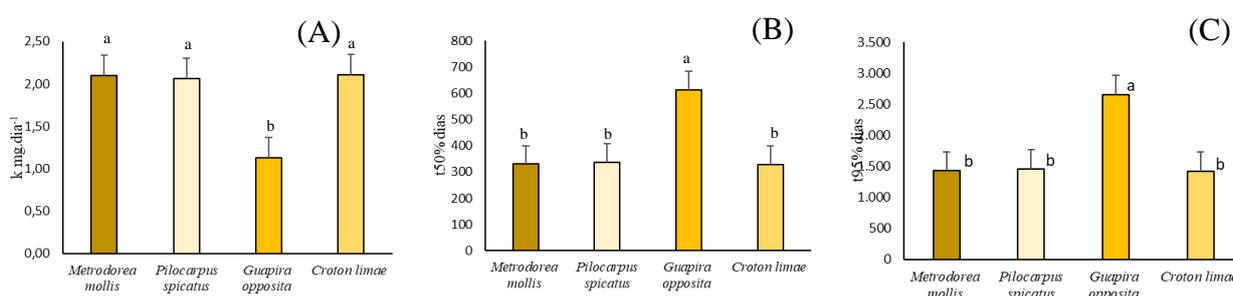


Figura 9: Constante de decomposição K (A), t50% tempo necessário para decompor metade da biomassa(B), e tempo necessário para a decomposição de 95% do material foliar (C) das espécies de floresta tropical seca, Araripina, Pernambuco. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade.

As diferenças entre as funções das espécies dentro da comunidade se apresentaram como um fator mais evidente quanto ao gerenciamento do processo de decomposição do que a própria diversidade de espécies (SCHINDLER, GEESNER 2009). Ou seja, as estratégias utilizadas pelas espécies nos seus padrões de decomposição apresentaram diferenciações mais evidentes do que as taxonômicas, porque espécies diferentes possuem a mesma estratégia. Nesse estudo, como as espécies *Metrodorea mollis*, *Croton limae*, *Pilocarpus spicatus* apresentaram características nutricionais aproximadas para os teores de nutrientes avaliados na biomassa foliar (Figura 3). Segundo Wickings et al. (2012), a composição nutricional do material é capaz de interferir na decomposição até os seus estágios mais avançados, como foi observado para a espécie *Guapira opposita*, em que a decomposição se diferenciou das demais espécies a partir dos 90 dias (Figura 8). Um outro fator que pode ter influenciado esse destaque é a textura foliar da espécie subcoriácea que apresenta maior resistência a decomposição quando comparada a textura cartácea.

4.3.2 Perda de massa nas espécies de floresta tropical úmida

No ambiente de floresta tropical úmida, a espécie que perdeu massa com maior intensidade foi *Brosimum guianense*, se diferenciando das demais (Figura 4). *Dialium guianense* e *Helicostylis tomentosa* apresentaram comportamento semelhante nas suas estratégias de decomposição, dentre todas as variáveis avaliadas no tópico de características nutricionais (Figura 4). Estas duas espécies foram diferentes apenas quanto ao teor e a eficiência de utilização biológica de K, caracterizando material com composição nutricional semelhante, o que contribuiu diretamente para o processo da decomposição (Figura 10).

A ocorrência de precipitações ao longo de todo o ano, juntamente com a baixa variação das condições de temperatura e umidade relativa do ar, proporcionou um processo de perda de acelerado (Figura 2B).

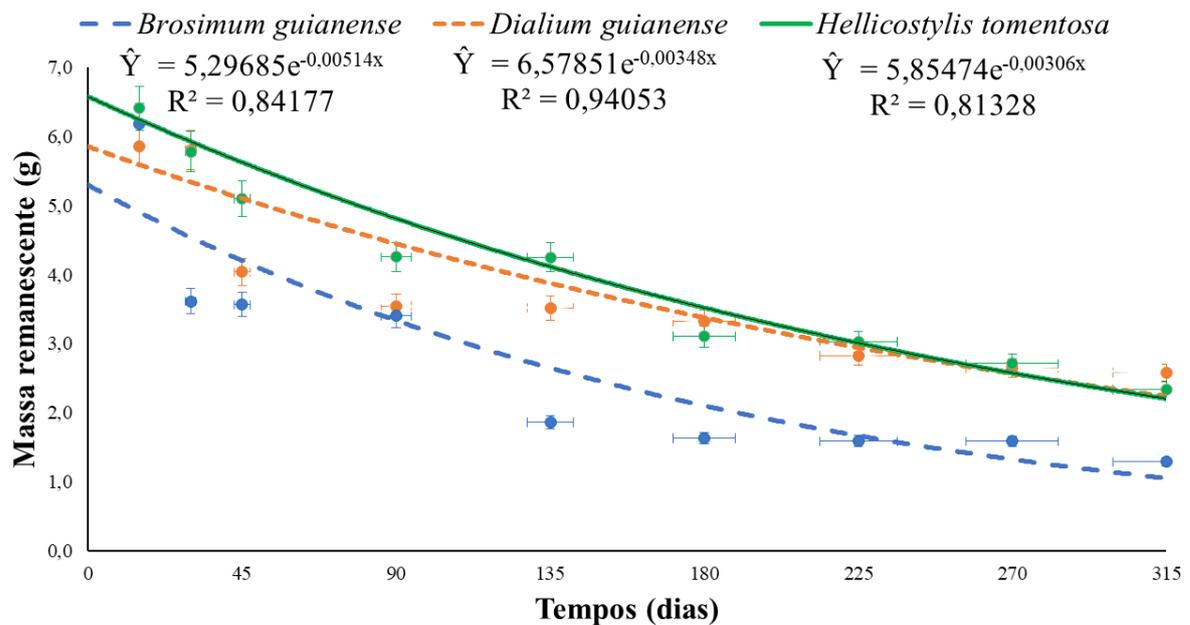


Figura 10: Massa remanescente em função do tempo e equações de regressão da decomposição das espécies da floresta tropical úmida, Recife, Pernambuco.

Nesse estudo, *Dialium guianense*, única espécie leguminosa estudada, teve comportamento contrário ao descrito por Fernandes et al. (2006). Sua taxa de decomposição foi inferior a de *Brosimum guianense*, bem como seu tempo de meia vida foi superior, se assemelhando aos valores encontrados na espécie *Helicostylis tomentosa* (Figura 11).

Estudando o padrão de decomposição da serapilheira das espécies *Mimosa caesalpinifolia* e *Carapa guianense* em contraste com um remanescente de floresta secundária em regeneração, Fernandes et al. (2006) observaram que a perda de massa possuía diferenças entre os tratamentos. As espécies avaliadas *Mimosa caesalpinifolia* e *Carapa guianense*

tiveram tempos de decomposição semelhantes, enquanto o material oriundo da floresta em regeneração apresentou maior resistência a degradação. Segundo os autores, a introdução de espécies leguminosas nas áreas, favorece a elevação da constante de decomposição e diminui os tempos de meia vida.

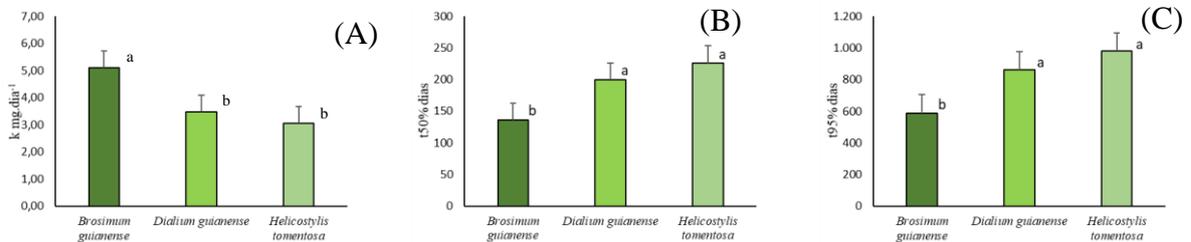


Figura 11: Constante de decomposição K (A), t50% tempo necessário para decompor metade da biomassa (B), e tempo necessário para a decomposição de 95% do material foliar das espécies de floresta tropical úmida (C), Recife, Pernambuco. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade.

Dialium guianense e *Helicostylis tomentosa* apresentaram constantes de decomposição e tempos de decomposição semelhantes, diferentes da espécie *Brosimum guianense*. Os tempos para a decomposição da metade da biomassa foliar foram superiores em 64 e 91 dias, respectivamente, para as espécies *Dialium guianense* e *Helicostylis tomentosa* em relação a espécie *Brosimum guianense*.

Em escala decrescente, as espécies *Helicostylis tomentosa*, *Dialium guianense* e *Brosimum guianense* apresentaram tempos de decomposição de 2,68; 2,36; 1,52 anos para que reste apenas 5% de sua biomassa. *Brosimum guianense* apresentou uma decomposição mais acelerada, certamente as características nutricionais dessa espécie contribuem para que sua decomposição se sobressaia quando comparada as demais neste estudo.

4.3.3 Perda de massa entre os ambientes de florestas tropicais seca e úmida

Quando se realizou a comparação entre os ambientes, foi observado que o comportamento da decomposição é bem mais intenso na floresta úmida. A constante de decomposição da floresta úmida é 36% maior (Figura 12).

Na floresta úmida, as precipitações mais bem distribuídas e as temperaturas mais amenas contribuíram para a geração de um microclima favorável a decomposição, influenciando diretamente a atividade dos organismos decompositores (CIANCIARUSO et al., 2006; GAMA-RODIGUES; GAMA-RODIGUES; BRITO, 2007). Apesar das altas temperaturas favorecerem a atividade microbiológica, a umidade se mostra como um filtro mais expressivo no gerenciamento da decomposição, principalmente quando comparamos as florestas tropicais

seca e úmida. Na floresta seca, em seus longos períodos de estiagem prevalece na decomposição a degradação física do material em função das altas temperaturas e da radiação solar intensa (KING; BRAND; ADAIR, 2012; RUBIANO-CARDONA et al., 2013).

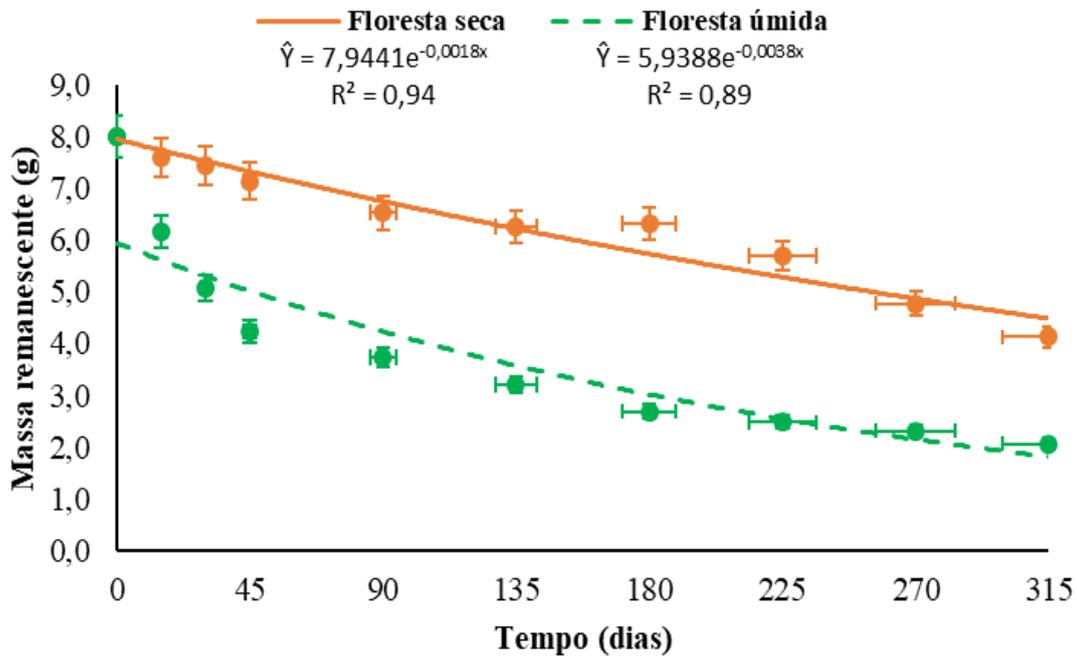


Figura 12: Massas remanescentes em função do tempo e equações de regressão da decomposição da serapilheira nos ambientes de floresta tropical seca e úmida, Araripina e Recife, Pernambuco.

O tempo de meia vida da floresta tropical seca foi 203 dias superior ao da floresta tropical úmida. Para que 95% do material vegetal fosse degradado, essa diferença se deu em 877 dias ou 2,4 anos entre as florestas (Figura 13).

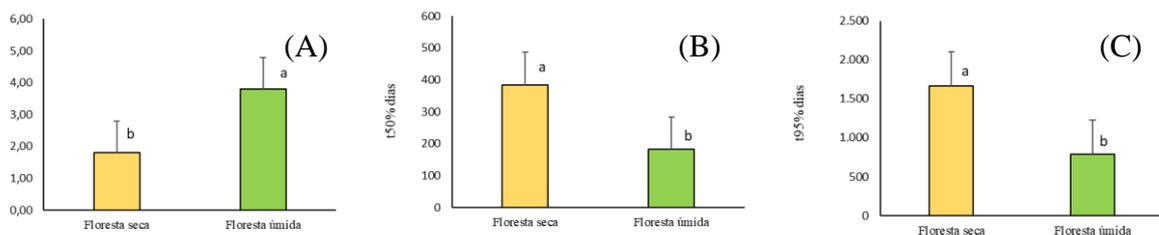


Figura 13: Constante de decomposição k (A), t50% tempo necessário para decompor metade da biomassa (B), e tempo necessário para a decomposição de 95% do material foliar nos ambientes de florestas tropicais seca e úmida (C), Araripina e Recife, Pernambuco. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Além da umidade, as condições do ambiente de floresta úmida favorecem uma maior decomposição por fungos, pois estes microrganismos se desenvolvem melhor em condições de sombreamento, e considerando a sua aptidão alimentar por material de origem florestal, esses microrganismos contribuem para uma maior decomposição nesse ambiente. Situação diferente da encontrada na floresta seca durante o período seco (BRAY; KATAJIMA; MACK, 2012; HANDA et al., 2014).

4.3.4 Liberação de nutrientes nas espécies de floresta tropical seca

A liberação de N pela decomposição das espécies de floresta tropical seca foi maior na espécie *Croton limae* (Figura 14 A). As demais espécies se assemelharam na liberação desse nutriente. Certamente a textura foliar cartácea de *Croton*, contribuiu para esta liberação, corroborando com sua perda de massa (Tabela 3). Como a espécie tem elevados teores nutricionais foliares de N (Figura 3 A), a junção desses fatores resultou na maior liberação.

Quanto a liberação de P as espécies não se diferenciaram (Figura 14 B). Efeito que pode ser explicado pelas baixas quantidades desse nutriente no solo (Tabela 1). Além disso três das espécies apresentaram teores foliares semelhantes para este nutriente, o que contribuiu para que este efeito seja similar, considerando que a liberação dos nutrientes parte de uma relação entre os teores nas espécies e a perda da massa durante o período de avaliação.

Na liberação de K as espécies *Metrodorea mollis*, *Croton limae* e *Pilocarpus spicatus* apresentaram taxas de liberação superiores a encontrada na espécie *Guapira opposita*. Portanto, *Guapira opposita* apresenta uma taxa mais lenta na disponibilização o K de sua biomassa foliar, durante a decomposição, quando comparada as demais (Figura 14 C).

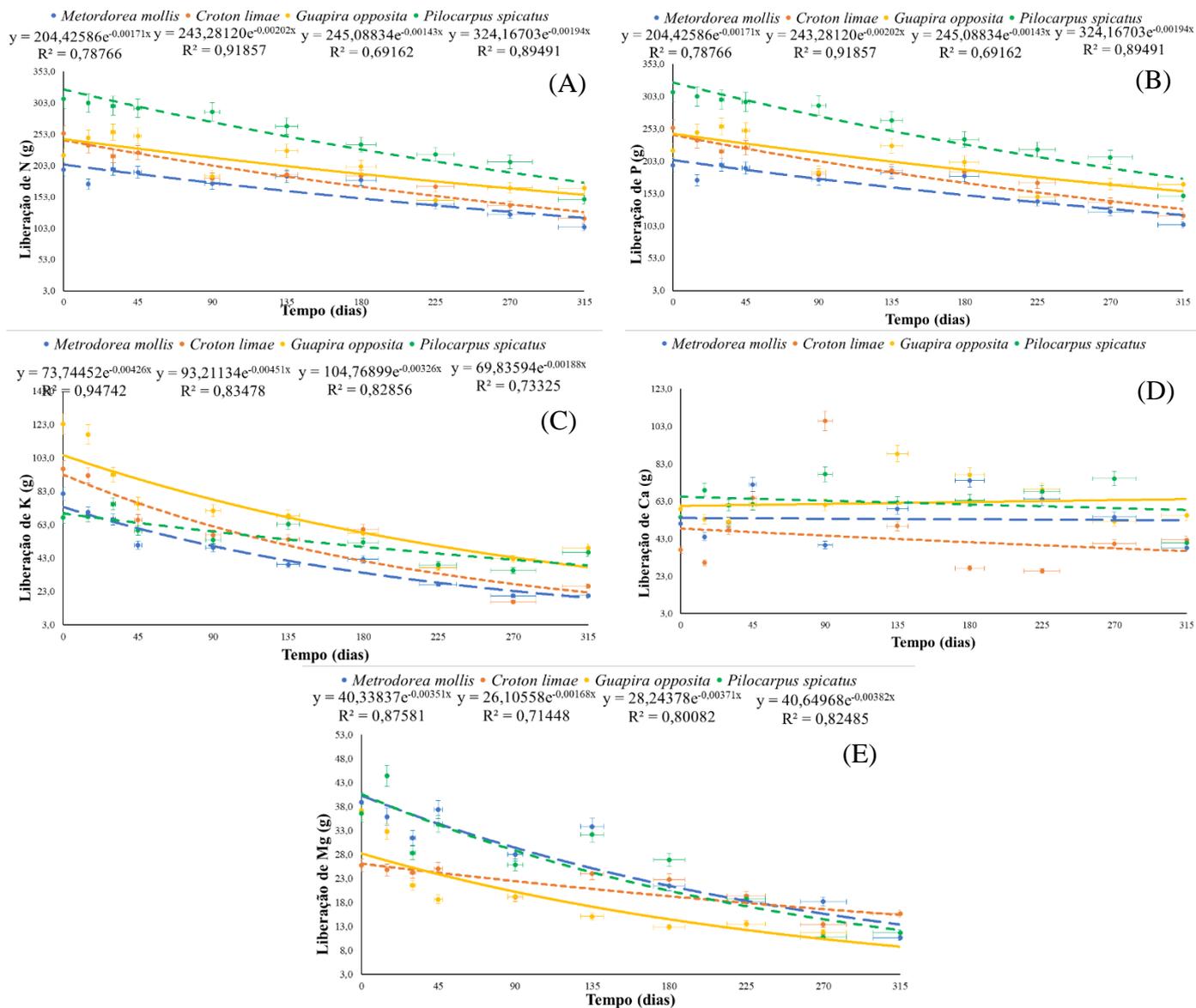


Figura 14: Liberação de N (A), P(B), K(C), Ca(D) e Mg(E) e equações de regressão na decomposição das folhas das espécies de floresta tropical seca, Araripina, Pernambuco

Quando avaliada a liberação de Ca, as espécies da floresta tropical seca não se ajustaram ao modelo exponencial da decomposição. Os teores de Ca destas espécies variaram ao longo do ano de maneira independente da perda de massa (Figura 14 D). Outros fatores biológicos e naturais alheios a este estudo atuaram mais enfaticamente na liberação do Ca nas folhas (Figura 14 D). Uma observação interessante é que o Ca foi encontrado em abundância nas folhas desse ambiente. Os teores incomuns de Ca associados a sua baixa mobilidade podem explicar a falta de ajuste para as espécies. O nutriente Mg não apresentou diferenças na sua liberação para as espécies estudadas (Figura 14 E).

Para a liberação de N *Croton limae* apresentou as melhores taxas sendo capaz de retornar este nutriente em maior velocidade. As demais espécies liberam este nutriente utilizando uma estratégia semelhante (Tabela 8).

Tabela 8: Taxa de liberação; t50% tempo requerido para liberação metade da concentração, e tempo necessário para a liberação de 95% de N, P, K, e Mg foliar nas espécies do ambiente de floresta tropical seca (C), Araripina, Pernambuco.

Indicadores/liberação	Espécie			
	<i>Metrodorea mollis</i>	<i>Guapira opposita</i>	<i>Croton limae</i>	<i>Pilocarpus spicatus</i>
	N			
Taxa de liberação (mg dia ⁻¹)	1,81 b	1,91 b	2,47a	1,61 b
Tempo de meia vida t _{50%} (dia)	386	356	280	445
Tempo t _{95%} (dia)	1671	1586	1214	1976
	P			
Taxa de liberação (mg dia ⁻¹)	3,26 a	2,84 a	2,73 a	2,02 a
Tempo de meia vida t _{50%} (dia)	213	247	791	833
Tempo t _{95%} (dia)	922	1072	3424	3069
	K			
Taxa de liberação (mg dia ⁻¹)	5,20 a	2,34 b	4,58 a	4,17 a
Tempo de meia vida t _{50%} (dia)	133	299	159	168
Tempo t _{95%} (dia)	578	1297	688	728
	Mg			
Taxa de liberação (mg dia ⁻¹)	4,86 a	4,10 a	1,89 a	2,87 a
Tempo de meia vida t _{50%} (dia)	173	152	689	818
Tempo t _{95%} (dia)	749	659	2984	3542

Médias seguidas da mesma letra em linhas não diferem entre si pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade.

Quanto ao tempo de meia vida ou de 50% da liberação de K, *Guapira opposita* apresentou valores superiores em 166, 140 e 131 dias quando comparada as espécies *Metrodorea*, *Croton* e *Pilocarpus*, respectivamente. Essa mesma tendência foi repetida para o tempo de 95% da decomposição.

O não ajuste dos dados de Ca nas espécies de floresta seca ao modelo padrão impossibilitou a realização dos cálculos dos tempos de meia vida e de 95% da decomposição para as espécies de floresta seca.

Na avaliação dos tempos de meia vida e de 95% também não houve diferenciação entre as espécies para Mg (Tabela 8).

Com exceção de *Croton limae* que se destacou positivamente na liberação do N e *Guapira opposita* que teve destaque negativo na liberação de K, as espécies no ambiente de floresta tropical seca possuem estratégias semelhantes durante a decomposição para a liberação de nutrientes. No entanto, não foi possível identificar tendência para a liberação de Ca em nenhuma das espécies.

4.3.5 Liberação de nutrientes entre as espécies de floresta tropical úmida

As espécies da floresta tropical úmida tiveram o mesmo padrão na liberação do nutriente N, apesar da espécie *Dialium guianense* pertencer a família botânica Fabaceae, que é conhecida como fornecedora de N ao ambiente por meio de associações simbióticas, essa espécie se assemelhou as demais (Figura 15).

Considerando que as espécies estudadas deste ambiente não se diferenciaram em seus teores foliares de N e duas delas também apresentaram semelhança na perda de massa é esperado que a liberação dos nutrientes tenha resultado semelhante entre elas, já que essas são as variáveis que influenciam diretamente na liberação.

No tocante ao P foi possível diferenciar a liberação entre as espécies e *Brosimum guianense* apresentou a taxa de liberação mais expressiva (Figura 16). Por essa razão os seus valores de tempo para a metade da liberação de P e de liberação de 95% de P foram inferiores em 78 e 48 dias e 336 e 204 dias respectivamente quando comparados aos obtidos pelas espécies *Dialium guianense* e *Helicostylis tomentosa* (Tabela 9).

Os teores nutricionais foliares das espécies da floresta tropical úmida não se diferenciaram para P, portanto, essa diferenciação de *Brosimum guianense* na liberação dos nutrientes pode ser explicada pelas características intrínsecas da espécie e a sua interação com o ambiente em que a mesma está inserida

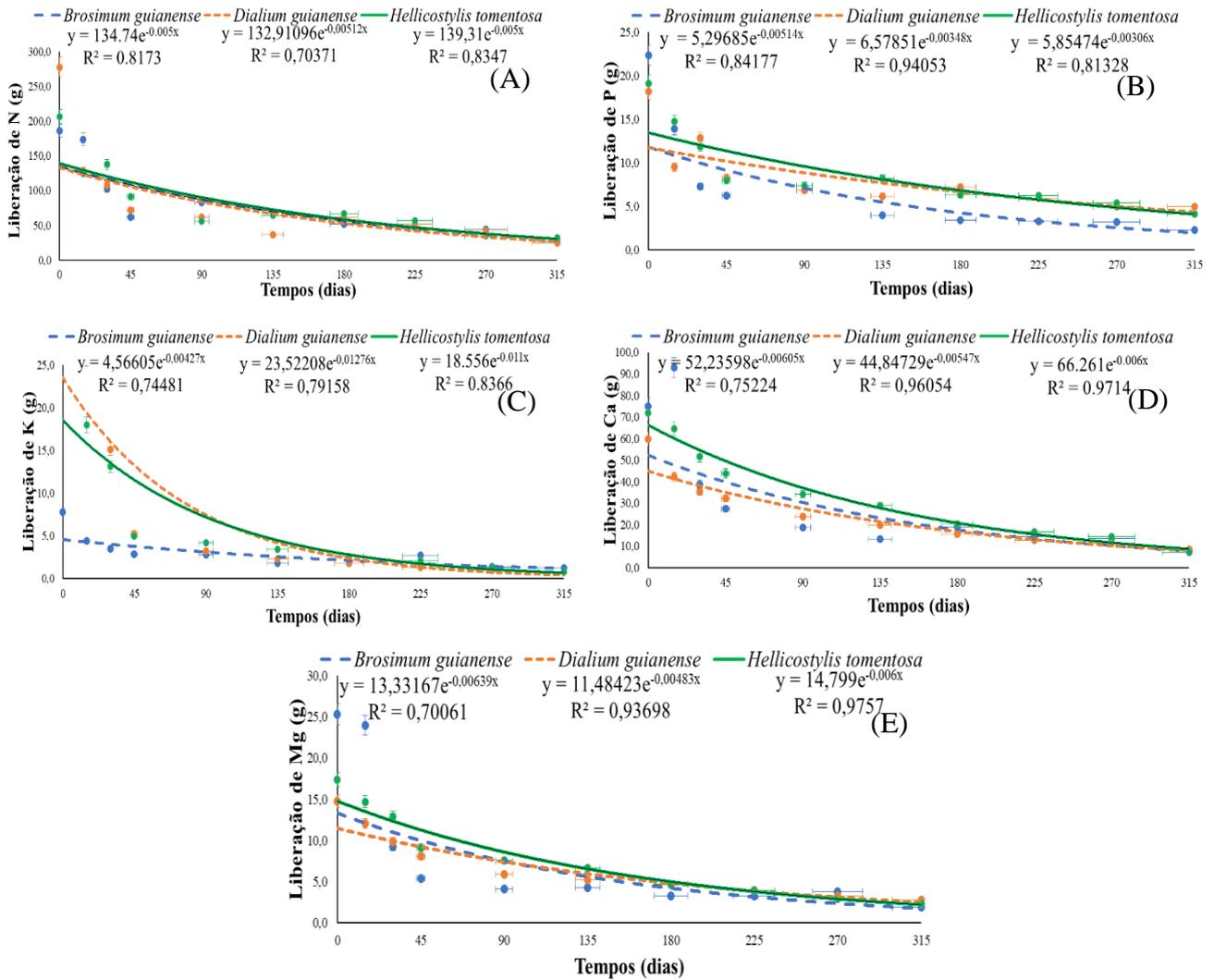


Figura 15: Liberação de N(A), P(B), K(C), Ca(D) e Mg(E) e equações de regressão na decomposição das folhas das espécies de floresta tropical úmida, Recife, Pernambuco.

Para o nutriente K foi possível observar diferenças entre as três espécies *Dialium guianense* obteve as melhores taxas de liberação seguida de *Helicostylis tomentosa* (Figura 15 C e Tabela 9).

Os valores das taxas de liberação de K de *Dialium guianense* são superiores aos das demais espécies portanto, esta espécie é eficiente em liberar K para o ambiente. Esta espécie também foi a mais eficiente na utilização deste nutriente. Apesar dos teores nutricionais das espécies para K não variarem, a associação de uma alta eficiência nutricional a alta taxa de liberação constata que esta espécie é de grande importância para o ciclo biológico desse nutriente no ambiente de floresta tropical úmida.

Para Ca as espécies apresentaram padrão semelhante (Figura 15 D), ou seja, todas são capazes de liberar Ca, mantendo assim a nutrição da floresta pelo ciclo biológico deste nutriente. Vale ressaltar que o período em que os nutrientes conseguem retornar no ambiente de floresta úmida é consideravelmente rápido, característica desse tipo de floresta, que ao possuir boas condições de umidade na maior parte do ano auxilia a ação dos organismos decompositores responsáveis pelo retorno dos nutrientes.

Seguindo o padrão por serem variáveis dependentes, as taxas de liberação de Ca nas espécies da floresta tropical úmida não se diferenciaram (Tabela 9). Apesar dos teores de Ca e a eficiência de sua absorção (Figura 4), as relações entre a decomposição e a liberação deste nutriente foram superadas, sugerindo que o modo como as espécies liberam Ca para o ambiente é também semelhante indicando equilíbrio entre elas.

O nutriente Mg teve sua liberação mais acentuada nas espécies *Brosimum guianense* e *Helicostylis tomentosa* (Figura 15 E). No entanto *Dialium guianense* teve uma taxa de liberação menor, requerendo em um maior tempo para a liberação desse nutriente (Tabela 9).

Tabela 9: Taxa de liberação; t50% tempo requerido para liberação metade da concentração, e tempo necessário para a liberação de 95% de N, P, K, Ca e Mg foliar nas espécies do ambiente de floresta tropical úmida (C), Recife, Pernambuco.

Indicadores/liberação	Espécie		
	<i>Brosimum guianense</i>	<i>Dalium guianense</i>	<i>Helicostylis tomentosa</i>
		N	
Taxa de liberação (mg dia ⁻¹)	6,29 a	6,78 a	6,23 a
Tempo de meia vida t _{50%} (dia)	110	102	111
Tempo t _{95%} (dia)	480	443	483
		P	
Taxa de liberação (mg dia ⁻¹)	7,40 a	4,10 b	4,92 b
Tempo de meia vida t _{50%} (dia)	93	171	141
Tempo t _{95%} (dia)	406	742	610
		K	
Taxa de liberação (mg dia ⁻¹)	5,14 c	12,76 a	11,00 b
Tempo de meia vida t _{50%} (dia)	134	54	63
Tempo t _{95%} (dia)	583	170	272
		Ca	
Taxa de liberação (mg dia ⁻¹)	6,05 a	5,47 a	6,00 a
Tempo de meia vida t _{50%} (dia)	114	126	109
Tempo t _{95%} (dia)	495	548	500
		Mg	
Taxa de liberação (mg dia ⁻¹)	6,39 a	4,83 b	6,00 c
Tempo de meia vida t _{50%} (dia)	108	143	115
Tempo t _{95%} (dia)	469	621	500

Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade

Essa aproximação da estratégia das espécies *Brosimum guianense* e *Helicostylis tomentosa* pode ser explicada devido ao parentesco botânico das espécies ambas pertencentes a família botânica Moraceae, enquanto que a espécie *Dalium guianense* que apresentou uma liberação mais lenta pertence a família Fabaceae.

Em linhas gerais, a elevada demanda das plantas por N contribui para o processo de liberação deste nutriente, o mesmo acontece com o Ca. Em especial pode-se destacar a espécie *Brosimum guianense* que obteve as melhores taxas de liberação de P para este ambiente, considerando que esse nutriente é requerido pelas plantas com intensidade e as sua baixa disponibilidade no solo evidenciam a sua importância.

A textura das folhas parece interferir na liberação nutrientes como é possível observar nos tempos de meia vida obtidos pela espécie *Brosimum guianense* para os nutrientes para os nutrientes P e K. Na liberação de K esta espécie foi a que apresentou menor velocidade da disponibilização, característica que já é naturalmente esperada quando se compara uma espécie de textura subcoriácea com folhas de textura cartácea. No entanto, o resultado observado em P, foi exatamente contrário ao da liberação de K, como as espécies não se diferenciaram em seus

teores ou eficiência de absorção para P, essa liberação é explicada mais fortemente pelas características da espécie e a interação desta com o ambiente.

4.3.6 Liberação de nutrientes entre os ambientes de florestas tropicais seca e úmida

Para efeito da comparação entre ambientes, as medidas realizadas a nível de espécie foram consideradas repetições. Assim, os dados do grupo de espécies de cada local representaram a característica daquele ambiente.

Nos nutrientes N, P, K e Mg foi possível estabelecer comparação entre os comportamentos de liberação de nutrientes dos dois ambientes. Para o Ca, como não houve ajustes para as espécies individualmente, os dados médios não possuíram consistência para descrever comportamento no ambiente (Figura 16).

Para os nutrientes em que foi possível calcular a liberação entre ambientes, a floresta úmida apresentou taxas de retorno, tempos de meia vida e de 95% da liberação menores que o ambiente de floresta seca. Esse comportamento é esperado, considerando que as florestas úmidas, por terem melhores condições de equilíbrio das variáveis climáticas, como precipitação, temperatura e umidade relativa, variando menos ao longo do ano, proporcionam um ambiente mais favorável à ação dos organismos decompositores (CIANCIARUSO et al., 2006; GAMA-RODIGUES; GAMA-RODIGUES; BRITO, 2007).

No ambiente de floresta seca, a presença de estações prolongadas de baixa pluviosidade praticamente estaciona os processos de decomposição biológica. As perdas menos intensas observadas nesse período estão correlacionadas a fotodegradação e fragmentação do material foliar, dividindo-o em partes menores (KING; BRAND; ADAIR, 2012; RUBIANO-CARDONA et al., 2013).

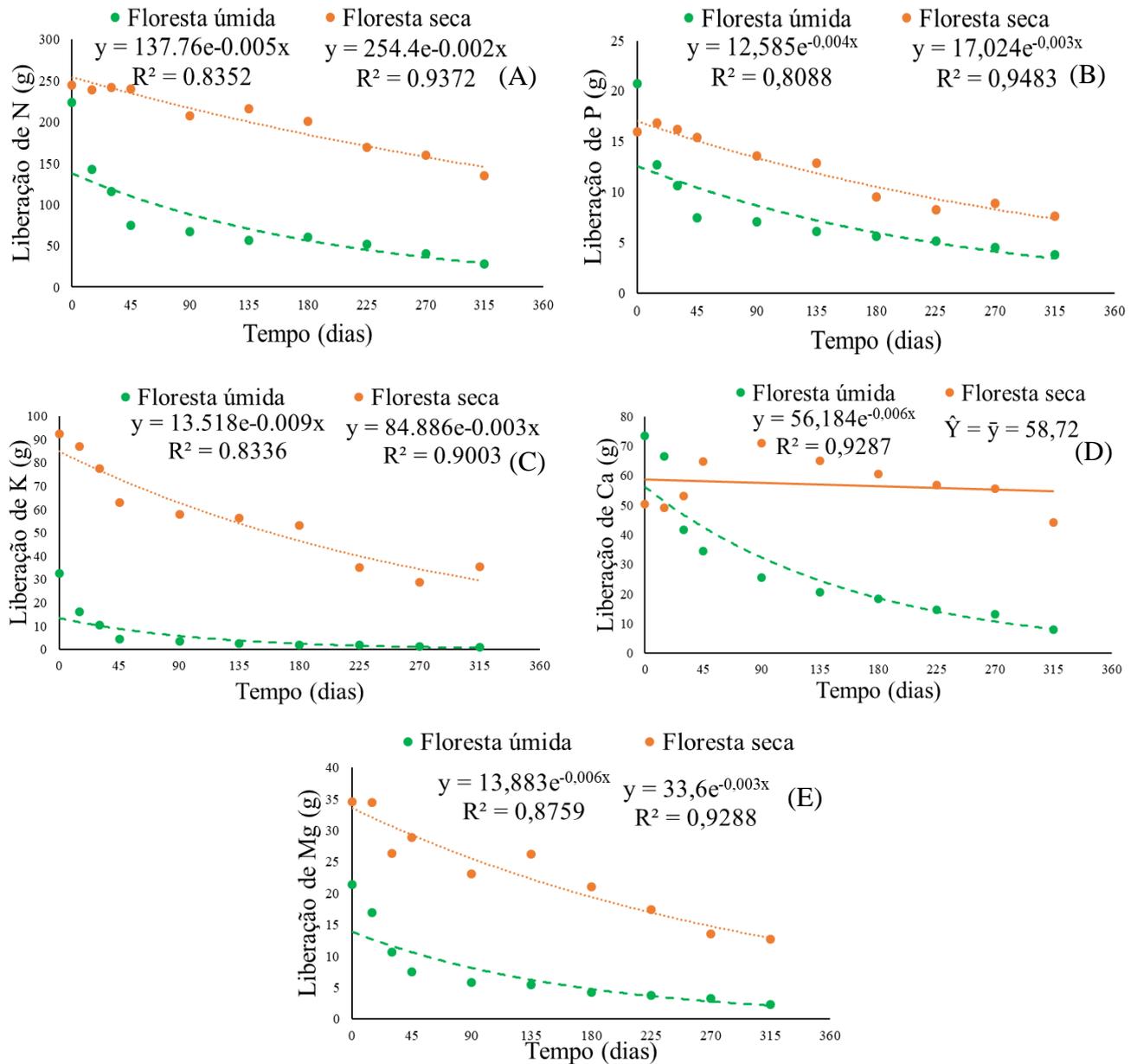


Figura 16: Liberação de N (A), P (B), K (C), Ca (D) e Mg (E) e equações de regressão na decomposição das folhas das espécies de florestas tropicais seca e úmida, Araripina e Recife, Pernambuco

Quanto as taxas de liberação e o tempo requerido para liberar 50% e 95% dos nutrientes foi possível determinar que, para os nutrientes N, K e Mg a floresta úmida obteve melhores resultados, sendo capaz de retornar 60%, 67% e 50%, mais rápido que a floresta seca, respectivamente (Tabela 10). Com relação ao P as florestas apresentaram comportamento semelhante. Os teores das espécies na biomassa foliar não variaram entre ambientes com exceção de *Pilocarpus spicatus* para a floresta seca, constatando que esta variável possui relação direta com a liberação desse nutriente.

Tabela 10: Taxa de liberação, tempo requerido para liberação de metade ($t_{50\%}$), e de (95%) dos nutrientes foliares nos ambientes de floresta tropical seca e úmida, Araripina e Recife, Pernambuco. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade

Indicadores/liberação	N		P		K		Mg	
	Floresta		Floresta		Floresta		Floresta	
	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida
Taxa de liberação (mg dia^{-1})	2,00 b	5,00 a	3,00 a	4,00 a	3,00 b	9,00 a	3,00 b	6,00 a
Tempo de meia vida $t_{50\%}$ (dia)	346	138	231	173	231	77	231	115
Tempo $t_{95\%}$ (dia)	1500	600	1000	750	1000	333	1000	500

Médias seguidas da mesma letra em linha por nutriente não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade

Portanto, o ambiente de floresta úmida apresenta uma decomposição bem mais acelerada que a encontrada na floresta seca. Isso pode ser justificado pelas condições climáticas em que os dois ambientes estão submetidos. Muito embora os decompositores de cada local sejam adaptados, a biomassa microbiana na floresta seca tem que se renovar a cada estação úmida, contribuindo para um status de latência nos processos de decomposição biológica durante a estação seca.

4.4 ÍNDICES DE CICLAGEM BIOLÓGICA DE NUTRIENTES

Para o cálculo dos índices de ciclagem são necessários os estoques nutricionais na biomassa foliar, na serapilheira e no solo (Tabela 11).

Tabela 11: Estoques dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg em kg há⁻¹ na biomassa foliar, serapilheira foliar aportada pelas espécies e estoque de nutrientes no solo das florestas tropicais seca e úmida, Araripina e Recife, Pernambuco.

Estoque na biomassa foliar (kg ha ⁻¹) Capturado	N	P	K	Ca	Mg
Floresta seca					
<i>Guapira opposita</i>	12,610	0,340	1,450	1,910	1,430
<i>Metrodorea mollis</i>	4,410	0,190	1,910	1,170	0,880
<i>Croton limae</i>	4,930	0,160	1,740	0,760	0,500
<i>Pilocarpus spicatus</i>	7,830	0,390	3,540	2,560	1,580
Floresta úmida					
<i>Brosimum guianensis</i>	17,960	1,370	13,350	7,240	3,500
<i>Dialium guianensis</i>	37,150	1,890	16,430	4,900	3,230
<i>Helicostylis tomoentosa</i>	18,59	0,93	13,32	6,51	1,41
Estoque na serapilheira (kg ha ⁻¹) Retornado	N	P	K	Ca	Mg
Floresta seca					
<i>Guapira opposita</i>	100,110	9,512	5,886	110,075	13,252
<i>Metrodorea mollis</i>	6,029	0,378	1,373	9,387	0,838
<i>Croton limae</i>	3,046	0,238	0,717	4,914	0,243
<i>Pilocarpus spicatus</i>	2,252	0,198	0,342	2,974	0,183
Floresta úmida					
<i>Brosimum guianensis</i>	1,791	0,118	0,268	2,027	0,423
<i>Dialium guianensis</i>	0,399	0,044	0,056	0,318	0,583
<i>Helicostylis tomoentosa</i>	0,082	0,009	0,134	0,082	0,252
Estoque no solo (kg ha ⁻¹) Absorvível	N	P	K	Ca	Mg
Floresta seca	205,920	26,980	71,136	7,260	69,233
Floresta úmida	154,000	31,790	83,160	7,146	42,250

No índice de absorção foi observado o padrão de nutrientes N>Ca>K>Mg>P para os ambientes de floresta seca e úmida. Este índice relaciona a qualidade dos solos com as necessidades da planta (TX; ZHANG; ZHU, 2014), nesse caso observamos que, independente das espécies estudadas, os valores obtidos para a floresta úmida são maiores que os encontrados para o ambiente seco (Tabela 12).

Tabela 12: Índice de absorção, índice de utilização e índice de ciclagem das espécies de florestas tropicais seca e úmida, Araripina e Recife, Pernambuco

Índice de absorção	N	P	K	Ca	Mg
Floresta seca					
<i>Guapira opposita</i>	0,0612	0,013	0,02	0,263	0,021
<i>Metrodorea mollis</i>	0,0214	0,007	0,027	0,161	0,013
<i>Croton limae</i>	0,0239	0,006	0,024	0,105	0,007
<i>Pilocarpus spicatus</i>	0,038	0,014	0,05	0,353	0,023
Floresta úmida					
<i>Brosimum guianense</i>	0,1166	0,043	0,161	1,013	0,083
<i>Dialium guianense</i>	0,2412	0,059	0,198	0,686	0,076
<i>Helicostylis tomoentosa</i>	0,1207	0,029	0,16	0,911	0,033
Índice de utilização	N	P	K	Ca	Mg
Floresta seca					
<i>Guapira opposita</i>	0,112	0,035	0,198	0,017	0,097
<i>Metrodorea mollis</i>	0,422	0,335	0,582	0,111	0,512
<i>Croton limae</i>	0,618	0,402	0,708	0,134	0,673
<i>Pilocarpus spicatus</i>	0,777	0,663	0,912	0,463	0,896
Floresta úmida					
<i>Brosimum guianense</i>	0,909	0,921	0,980	0,781	0,892
<i>Dialium guianense</i>	0,989	0,977	0,997	0,939	0,847
<i>Helicostylis tomoentosa</i>	0,996	0,990	0,990	0,988	0,848
Índice de ciclagem	N	P	K	Ca	Mg
Floresta seca					
<i>Guapira opposita</i>	7,939	27,976	4,059	57,631	9,267
<i>Metrodorea mollis</i>	1,367	1,989	0,719	8,023	0,952
<i>Croton limae</i>	0,618	1,488	0,412	6,466	0,486
<i>Pilocarpus spicatus</i>	0,288	0,508	0,097	1,162	0,116
Floresta úmida					
<i>Brosimum guianense</i>	0,100	0,086	0,020	0,280	0,121
<i>Dialium guianense</i>	0,011	0,023	0,003	0,065	0,180
<i>Helicostylis tomoentosa</i>	0,004	0,010	0,010	0,013	0,179

Quanto as espécies, na floresta seca *Guapira opposita* e *Metrodorea mollis* exibiram os maiores valores, enquanto no ambiente úmido destaca-se *Dialium guianense*.

Os índices de utilização obtiveram valores altos nos dois ambientes estudados independente da floresta, no entanto, os valores encontrados entre as espécies de floresta tropical úmida são bem maiores que os de floresta seca, indicando que nesse ambiente seco há uma menor eficiência no uso dos nutrientes.

Com relação aos índices de ciclagem o ambiente seco apresentou valores muito superiores aos encontrados na floresta úmida para todos os nutrientes. Essas diferenças evidenciam as

dimensões do estoque presente em cada floresta nos dando uma noção da importância da ciclagem para esses ambientes.

5. CONCLUSÕES

A dinâmica nutricional se mostrou variável entre os ambientes, apresentando maior eficiência de utilização de N e Mg na floresta úmida e, P e K na floresta seca. No ambiente de Floresta Seca, as espécies *Pilocarpus spicatus* e *Guapira opposita* estocaram maiores quantidades de nutrientes em sua biomassa. Na Floresta Úmida, *Dialium guianense* se mostrou relevante na eficiência nutricional de todos os nutrientes. Portanto, estas espécies são essenciais para o equilíbrio dos ecossistemas e a ciclagem de nutrientes de maneira contínua e sustentável.

A produção de serapilheira das espécies no ambiente de floresta seca foi maior que as quantidades coletadas no ambiente de floresta úmida. As espécies *Metrodorea mollis* e *Guapira opposita* dominaram a produção no ambiente seco enquanto *Brosimum guianense* se destacou no ambiente úmido. Já nos teores nutricionais observou-se que *Dialium guianense* apresenta melhor desempenho no ambiente úmido. *Pilocarpus spicatus* teve os maiores teores de N e P na serapilheira. As baixas produções de serapilheira dessas espécies impediram o mesmo desempenho no aporte de nutrientes destacando *Brosimum guianense* e *Guapira opposita* para os ambientes úmido e seco respectivamente.

Em ambos os ambientes foi possível identificar espécies que apresentaram comportamento diferenciado no processo de decomposição, como *Guapira opposita* para o ambiente seco e *Brosimum guianense* no ambiente úmido. As demais espécies apresentaram comportamento semelhante em seus respectivos ambientes, indicando que suas estratégias funcionais são também semelhantes.

Entre ambientes se observou que a decomposição em floresta tropical úmida ocorre em velocidade muito superior a da floresta seca, devido as condições limitantes de umidade.

Os índices de absorção e utilização foram maiores nas espécies de floresta úmida, enquanto o índice de ciclagem foi superior nas espécies de floresta seca, resultado das relações entre os estoques de nutrientes na biomassa foliar e serapilheira das espécies além dos estoques no solo desses ambientes.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AERTS, R.; DE CALUWE, H., Nitrogen deposition effects on carbon dioxide and methane emissions from temperate peatland soils. **Oikos**, p. 44-54, 1999.
- ALBUQUERQUE, A. S. et al. Efficiency of Biological Utilization of Micronutrients by Forests Species in Hypoxerophytic Caatinga. **Floresta e Ambiente**, v. 25 p.1-10. 2018.
- ALLISON, S. D., et al. Microbial abundance and composition influence litter decomposition response to environmental change. **Ecology**, v. 94, n. 3, p. 714-725, 2013.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.; Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22 p.711-728, 2013.
- ALVES, A. R. et al. Conteúdo de nutrientes na biomassa e eficiência nutricional em espécies da caatinga. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 337, 2017.
- ALVES, A. R. et al. Nutrientes na biomassa aérea e na serapilheira em áreas de caatinga em Floresta, PE. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 92, p.413-420, 2017.
- ALVES, J. J.; Geocologia da caatinga no semi-árido do Nordeste brasileiro. **CLIMEP- Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 2, n. 1, 2007.
- ANDRADE, A. G. **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas**. 1997. 182 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1997.
- ANDRADE, M. L. F.; BOARETTO, A. E. Deficiência nutricional em plantas jovens de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 95, p. 383-392, 2012.
- ARAÚJO, A. O. **Avaliação de propriedades físicas dos solos e da macrofauna edáfica em áreas submetidas a manejo florestal de vegetação nativa na Chapada do Araripe**. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 2010. 76p. 2010. Dissertação de Mestrado.
- ARAÚJO, L. S.; KOMONEN, A.; LOPES-ANDRADE, C. Influences of landscape structure on diversity of beetles associated with bracket fungi in Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Essex, v. 191, p. 659–666, 2015.
- BALEMI, T.; NEGISHO, K. Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 12 p.547-562, 2012.
- BARBOSA, M. D. **Composição florística, regeneração natural, decomposição e ciclagem de nutrientes, em área de caatinga hiperxerófila em Arcoverde, Pernambuco**. 2012. 181f. Tese (Doutorado em Ciência Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; CARMO, D. N. Classificação nutricional de sítios florestais – Descrição de uma metodologia. **Revista Árvore**, v. 10 p.112-12, 1986;
- BAUER, D.; SANTOS, E. L.; SCHMITT, J.L.; Avaliação da decomposição de serapilheira em dois fragmentos de Caatinga no Sertão Paraibano. **Pesquisas, Botânica**, v.69 p,307-318, 2016
- BEHLING, M. et al. Eficiência de utilização de nutrientes para formação de raízes finas e médias em povoamento de teca. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 837-846, 2014.
- BERTALOT, M. J. A. et al. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu-São Paulo, Brasil. **Scientia forestalis/forest sciences**, n.65 p. 219-227, 2004.
- BONANOMI, G. et al. Litter quality assessed by solid state ^{13}C NMR spectroscopy predicts decay rate better than C/N and Lignin/N ratios. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 56, p.40–48, 2013.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v. 21, n. 1, p. 73-85, 1974.
- BROWN, M. B.; FORSYTRE, A. B., Robust test for equality of variances. **Journal of the American Statistical Association**, v. 69 p.364-367, 1974.
- BURGER, D. M.; DELITTI, W. B. C., Allometric models for estimating the phytomass of a secondary Atlantic Forest area of southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 8, p. 131-136, 2008.
- CAVALCANTI, A. D. D. C. et al. Mudanças florísticas e estruturais, após cinco anos, em uma comunidade de Caatinga no estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23 p.1210-1212, 2009.
- CEPÁROVÁ, S.; FROUZ, J. Changes in chemical composition of litter during decomposition: a review of published ^{13}C NMR spectra. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 15, n. 3, p. 805-815, 2015.
- CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. 252p. 2016.
- CHAVE, J. et al. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global change biology**, v. 20, n. 10, p. 3177-3190, 2014.
- CHAVE, J. et al. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v.12 p.351-366, 2009.
- CHIDUMAYO, E. N.; GUMBO, D. J. J. The environmental impacts of charcoal production in tropical ecosystems of the world: a synthesis. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, n. 2, p. 86-94, 2013.
- CIANCIARUSO, M. V. et al. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasileira** v.201 p.49-59, 2006.

CLEMENT, C. R.; HIGUCHI, N. A floresta amazônica e o futuro do Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 58, n. 3, p. 44-49, 2006.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região sul**. MMA, 934 p. 2011.

COSTA, C. C. A et al. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na flona de Açú-RN. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, 2010.

COSTA, C. C. A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D; SILVA, P. C. M. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na FLONA de Açú-RN. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 259-265, 2010.

CRUZ, C. B. M.; VICENS, R. S. Mapeamento da cobertura vegetal da mata atlântica: uma contribuição metodológica. In: LOIOLA, M. I. B; BASEIA, I. G.; LICHSTON, J. E. (Org.). **Atualidades, desafios e perspectivas da botânica no Brasil: anais do 59º Congresso de Botânica**, Natal: Imagem Gráfica, 534 p. 2008.

CUNHA, A. A. et al. **Mapeamentos para Conservação e Recuperação da Biodiversidade na Mata Atlântica: em Busca de uma Estratégia Espacial Integradora para Orientar ações Aplicadas.**: MMA, 216 p 2013.

CUNHA, A. P. M. A.; ALVALÁ, R. C. S.; OLIVEIRA, G. S. Impactos das mudanças de cobertura vegetal nos processos de superfície na região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, p.139-152, 2013. DOI: 10.1590/S0102-77862013000200003.

CUNHA, G. C.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, v. 3, n. 1, p 19- 39, 1993.

DASILVA M. B.; PINTO-DA-ROCHA, R. História biogeográfica da Mata Atlântica: opiniões (Arachnida) como modelo para sua inferência. In: Carvalho CJB & EAB Almeida (Eds.) **Biogeografia da América do Sul - Padrões & Processos**. Roca. p.221-238, 2011.

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.

ESPIG, S.A. et al. Composição e eficiência da utilização biológica de nutrientes em fragmento de Mata Atlântica em Pernambuco. **Ciência Florestal**, v.18, p.307-314, 2008.

EUCLYDES, R. F. **SAEG – Sistema para Análises Estatísticas**. Versão 9.1. Viçosa, Fundação Arthur Bernardes, 2007.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. UFLA/FAEPE. 77p. 2002.

FERNANDES, M. M. et al. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianense* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 163-175, 2006.

FERRAZ, A. S. et al. Estimativa do Estoque de Biomassa em um Fragmento Florestal Usando Imagens Orbitais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 3, p. 286-296, 2014.

FREIRE, C. S.; **Ciclagem de nutrientes em função da sazonalidade climática e do gradiente de altitude em floresta tropical seca**, Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Recife, BR-PE, 2018.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, 2007.

GARIGLIO, M. A. et al. **Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga/MMA**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste, 2008.

GOLLEY, F.B., et al. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo, EPU-EDUSP. 256p. 1978.

GOMES, J. M., et al. Aporte de serapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, 2010.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; fertility and tree nutrition. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, cap.2, p.13-64. 2004

GRUGIKI, M. A. et al. Decomposição e Atividade Microbiana da Serapilheira em Coberturas Florestais no Sul do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e20150189, 2017.

HANDA, T. et al. Consequences of biodiversity loss of litter decomposition across biomes. **Nature**, London, v. 509, p. 218-134, 2014.

HAUFF, S. N., Representatividade do Sistema Nacional de Unidades de Conservação na Caatinga. **Brasília: Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento**, 2010.

HOLANDA, A. C. et al. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de Caatinga. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 621-633, 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, IBGE. 275p, 2012.

INKNOTTE J. et al. Deposição de serapilheira em reflorestamentos de eucalipto e florestas nativas nas regiões Planalto e Oeste do Estado de Santa Catarina. **Scientia Forestalis**; v.43 p. 261-270, 2015.

INPE, **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2012 – 2013**.

Relatório Parcial. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014.

- JACOMINE, P. K. T. Solos sob Caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. p. 95-133, 1996.
- JEWELL, M. D. et al Partitioning the effect of composition and diversity of tree communities on leaf litter decomposition and soil respiration. **Oikos**, p.1-13, 2016.
- KING, J. Y.; BRANDT, L. A.; ADAIR, E. C. Shedding light on plant litter decomposition: advances, implications and new directions in understanding the role of phorodegradation. **Biogeochemistry**, **The Hague**, v. 111, p.57-81, 2012.
- KJOLLER, A.; STRUWE, S. Microfungi in ecosystems: fungal occurrence and activity in litter and soil. **Oikos**, v. 39, p.289-422, 1982.
- KURPPA, M; LEBLANC, H. A.; NYGREN, P. Detection of nitrogen transfer from N 2-fixing shade trees to cacao saplings in 15 N labelled soil: ecological and experimental considerations. **Agroforestry systems**, v.80 p.223-239, 2010.
- LECERF A. et al. Incubation time, functional litter diversity, and habitat characteristics predict litter-mixing effects on decomposition. **Ecology**, v. 92, p. 160-169, 2011.
- LEVENE, H. Robust Test for Equality of Variances. In: I. O. et al. (Ed.). **Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotteling**. California: Stanford University Press, 1960, p. 278-292.
- LIMA A. L. A. et al. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? **Trees**, v.26 p.1605-1616 2012.
- LIMA, A. L. A. et al. Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga no sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p.42-49, 2015.
- LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74 p.1363-1373, 2010.
- LIMA, R. B. A. et al. Nutritional efficiency of plants as an indicator of forest species for the restoration of forests, Brazil, **Scientia Florestalis**, v.46 p.415-426, 2018.
- LIMA, R. P.; FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. M.; MATRICARDI, A. T. Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga no sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p.42-49, 2015.
- LIMA, W. P.; FERRAZ, S. F. B.; FERRAZ, K. M. P. M. Interações bióticas e abióticas na paisagem: uma perspectiva eco-hidrológica. In: CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G. F. (Ed.). **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Elsevier, 2013. p. 215-44.
- LIRA, R. B., et al. Efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 18-24, 2012.

- LOSI, C. J. et al. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. **Forest Ecology and Management**, v.184, p. 355–368, 2003.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres. 638p, 2006.
- MARCHESE, C. Biodiversity hotspots: A shortcut for a more complicated concept. **Global Ecology and Conservation** v. 3, p. 297–309, 2015.
- MARTINS, S. V. et al. Sucessão ecológica: fundamentos e aplicações na restauração de ecossistemas florestais. **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**, v. 2, p. 21-52, 2009.
- MEDEIROS, S. D. S. et al. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Instituto Nacional de Seminário (INSA), 2012.
- MITTERMEIER, R. A., et al. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: **Biodiversity hotspots**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 3-22. 2011.
- MOURA, O. N. et al. Conteúdo de nutrientes na parte aérea e eficiência nutricional em *Mimosa caesalpinifolia* Benth. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.1, p.2329, 2006.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, NY: John Wiley & Sons, 1974.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853, 2000.
- NETO, F. V. C. et al. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 379-387, 2013.
- OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322-331, 1963.
- PASQUINI S. C; SANTIAGO L. S. Nutrients limit photosynthesis in seedlings of a lowland tropical forest tree species. **Oecologia**, 168:311-319. 2012.
- PAULA, R. R. et al. Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na Ilha da Marambaia, RJ. **Ciência Florestal**, v. 19, n.2, p.139-148, 2009.
- PENNE, C. et al. The impact of the canopy structure on the spatial variability in forest floor carbon stocks. **Geoderma**, v. 158, n. 3-4, p. 282–297, 2010.
- PINTO, L. P.; BRITO, M. C. W. Dinâmica da perda da biodiversidade na mata atlântica brasileira: uma introdução. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Org.), **Mata atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica - Belo Horizonte: Conservação Internacional, 472 p. 2005.

PINTO, S. I. D. C, et al. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, 2009.

QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da Caatinga**. Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 467 p 2009.

QUESADA, M.; et al. Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 6, p. 1014-1024, 2009.

RAHMAN, M. M. et al. Lignin and its effects on litter decomposition in forest ecosystems. **Chemistry and Ecology**, v. 29, n. 6, p. 540-553, 2013.

REBOITA, M. S. et al. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25 p.185-204, 2010.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much if left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Essex, n. 142, p. 1141-1153, 2009.

RUBIANO-CARDONA, K. et al. Production, accumulation, and decomposition of leaf litter in a Colombian Subandean forest and neighboring areas of restoration. **Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural**, v. 17, n. 2, p. 47-59, 2013.

SAMPAIO, E.V.S.B. et al. Capacidade de suprimento de N e resposta à fertilização de vinte solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p. 269 279, 1995.

SANCHES, L. et al. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p. 183–189, 2009.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. **IDESIA**, Arica, v. 29, n. 2, p.87-94, 2011.

SANTOS, H. G., et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, Embrapa. 353p, 2013.

SANTOS, R. L., Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) biomass production as promising alternative source of energy in Brazil's semiarid area using gypsum. **Australian Journal of Crop Science**, 9:1082-1088. 2015

SCHINDLER, M. H.; GESSNER, M. O. Características funcionais da folha e efeitos da biodiversidade na decomposição da serapilheira em um riacho. **Ecology**, v. 90, n. 6, p. 1641-1649, 2009.

SCHUMACHER, M. V. et al. Litterfall in an *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze forest in Pinhal Grande, RS. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 29-37, 2004.

- SCHUMACHER, M. V., et al. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma floresta estacional decidual na região central do rio grande do sul. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 532-541, 2018.
- SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality. **Biometrika**, Oxford, v. 52, n.3/4, p. 591-611, 1965.
- SILVA, A. M. O. et al. Compartmentalization and efficiency biological of nitrogen utilization in dry tropical forest. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, 2018.
- SILVA, F. K. G. et al. Patterns of species richness and conservation in the Caatinga along elevational gradients in a semiarid ecosystem. **Journal of Arid Environments**, London, v.110, p.47- 52, 2014.
- SILVA, G. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomassas de partes aéreas em plantas da Caatinga. **Revista Árvore**, 32:567-575, 2008.
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1 ed., cap. 6, p. 275-374.
- SILVA, P. C. G. et al. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: Sá IB & Silva PCG (Eds.) **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina, Embrapa. p.18-48, 2010.
- SILVEIRA, P. et al. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, p. 185-206, 2007.
- SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C. A Mata Atlântica cede lugar a outros usos da terra em Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v.23 p.51-59, 2010.
- SOMOGYI, Z. et al. Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. **European Journal of Forest Research**, v. 126, n. 2, p. 197-207, 2007.
- SORREANO, M. C. M. et al. Deficiência de macronutrientes em mudas de sangra D'Água (Croton urucurana, Baill). **Revista Cerne**, MG, v. 17, n. 3, p. 347-352, 2011.
- SOUTO PC. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil** [tese]. Areia: Universidade Federal da Paraíba; 2006.
- SOUTO, P. C. et al. Taxa de decomposição da serapilheira e atividade microbiana em área de caatinga. **Cerne**, v. 19, n. 4, 2013.
- SOUTO, P. C. et al. Características químicas da serapilheira depositada em área de Caatinga. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 264-272, 2009.

SOUZA, B. V. et al. Avaliação da sazonalidade da deposição de serapilheira em área de preservação da Caatinga na Paraíba, Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 12, n. 3, p. 325-331, 2016.

SOUZA, M. P. et al.; Qualidade da serapilheira em área de caatinga submetida a plano de manejo florestal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 12, n. 3, p. 319-324, 2017.

SOUZA, N. H. et al. Estudo nutricional da canafístula (ii): eficiência nutricional em função da adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, MG, v. 36, n. 5, p. 803-812, 2012.

STAHL, J. et al. Produção de massa seca e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* em função da adição de doses de fósforo ao solo. **Ciência Florestal**, v.23 p.287-295, 2013.

STEHMANN, J. R. et al. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009. p. 516, ISBN 978-85-60035-05-2.

TABARELLI, M. A. et al. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging humanmodified landscapes. **Biological Conservation**, Essex, v. 143, p. 2328-2340, 2010.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. e amp. Porto Alegre, RS: UFRGS, 1995. 174 p. il. (Boletim técnico, 5).

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. Ed. Embrapa Solos, Brasília, BR, 2017.

TRAUTENMÜLLER, J. W. **Quantificação e distribuição do estoque de biomassa acima do solo em floresta estacional decidual**. 2015. Dissertação (Mestre em Agronomia – Agricultura e Ambiente) Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria –RS 92 p. 2015.

TX, W. E. I.; ZHANG, X. J; ZHU, J. Z. The nutriente accumulation pattern and cycling in natural secondary forests in North China. A case duty fron the Caijiachuan watershed, Shanxi Province. **Revista Internacional de Botânica Experimental**, Vicente López, v. 83, p. 213-223, 2014.

VIEIRA, T. A. S. **Crescimento e eficiência nutricional de leguminosas arbóreas pioneiras e não pioneiras**. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2013.

WANG, Q.; ZHONG, M.; HE, T. Home-field advantage of litter decomposition and nitrogen release in forest ecosystems. **Biology & Fertility Soils**, v. 49, p. 427-434, 2013.

WARING RH, SCHLESINGER WH. Decomposition and forest soil development. In: Waring RH, Schlesinger WH. **Forest ecosystems: concept and management**. New York: Academic Press; 1985. p. 340-365.

WATZLAWICK, L.F.; CALDEIRA, M.V.W.; VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M.V.; GODINHO, T.O.; BALBINOT, R. Estoque de biomassa e carbono na Floresta Ombrófila Mista Montana Paraná. **Scientia Florestalis**, v. 40, n. 95, p. 353-362, 2012.

WICKINGS, K. et al. The origin of litter chemical complexity during decomposition. **Ecology Letters**, Oxford, p. 1-9, 2012.

WOLF, D. C.; WAGNER, G. H. Carbon transformations and soil organic matter formation. In: SYLVIA, D. M. HARTEL, P. G.; FUHRMANN, J. J.; ZUBERER, D. A. **Principles and applications of soil microbiology**. New Jersey: Pearson Education, 2005. 2 ed., p. 285-332.

ZHANG, X.; SHUXIA, Z.; SHANGGUAN, Z. Nutrient distributions and bio-cycle characteristics in natural and artificial *Pinus tabulaeformis* Carr. Forests hilly loess regions. **Acta Ecologica Sinica**, v. 26, n. 2, p. 373-382, 2006.