



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

ESTEFANY GABRIELA LUIZ DE ARAÚJO

**VARIABILIDADE DE MACROELEMENTOS E INFLUÊNCIA DE COMPOSTOS
FENÓLICOS NO CONSUMO DE LÍQUENS POR *Constrictotermes cyphergaster*
(TERMITIDAE, NASUTITERMITINAE)**

**CAMPINA GRANDE
2019**

ESTEFANY GABRIELA LUIZ DE ARAÚJO

**VARIABILIDADE DE MACROELEMENTOS E INFLUÊNCIA DE COMPOSTOS
FENÓLICOS NO CONSUMO DE LÍQUENS POR *Constrictotermes cyphergaster*
(TERMITIDAE, NASUTITERMITINAE)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof. Dr^a. Thelma Lucia Pereira Dias

Coorientadora: Dr^a. Ana Márcia Barbosa da Silva.

**CAMPINA GRANDE
2019**

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

A659v Araújo, Estefany Gabriela Luiz de.
Variabilidade de macroelementos e influência de compostos fenólicos no consumo de líquens por *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae) [manuscrito] / Estefany Gabriela Luiz de Araujo. - 2019.
24 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2019.
"Orientação : Profa. Dra. Thelma Lucia Pereira Dias, Clínica Academia Escola de Educação Física - CCBS."
"Coorientação: Profa. Dra. Ana Márcia Barbosa da Silva, UFPB - Universidade Federal da Paraíba"
1. Ecologia nutricional. 2. Cupins. 3. Líquens. I. Título
21. ed. CDD 595.736

ESTEFANY GABRIELA LUIZ DE ARAÚJO


VARIABILIDADE DE MACROELEMENTOS E INFLUÊNCIA DE COMPOSTOS
FENÓLICOS NO CONSUMO DE LÍQUENS POR *Constrictotermes cyphergaster*
(TERMITIDAE, NASUTITERMITINAE)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento do Curso
Ciências Biológicas da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas.

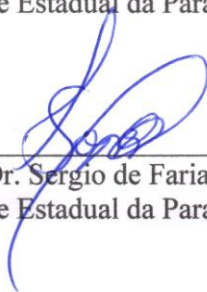
Área de concentração: Ecologia.

Aprovada em: 26 / 11 / 2019 .


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Thelma Lucia Pereira Dias (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Sergio de Faria Lopes
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Me. Antônio Paulino de Mello
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Ao meu pai que sempre me ensinou a nunca desistir, dedico.

“Trabalhar duro é importante,
mas há uma coisa que importa ainda mais: acreditar em si mesmo.”
Harry Potter.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Localização geográfica da Estação Experimental de São João do Cariri, Paraíba, Brasil	12
Figura 2 –	Cromatogramas dos compostos secundários pertencentes à <i>Dirinaria confluens</i> . (A) Antes da extração por acetona; (B) Após a extração por acetona.....	13
Figura 3 –	Esquema dos bioensaios de consumo para <i>Dirinaria confluens</i> ofertada ao cupim <i>Constrictotermes cyphergaster</i> (Termitidae, Nasutitermitinae)	14
Figura 4 –	Consumo (<i>in natura</i> M= 0.004± e.p.= 0.002121/ Lixiviado M=0.006± e.p.= 0.002168) de <i>Dirinaria confluens</i> por <i>Constrictotermes cyphergaster</i> (Termitidae, Nasutitermitinae), em talos <i>in natura</i> e lixiviados.....	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Macroelementos (g/kg-1) encontrados em líquens consumidos por <i>Constrictotemes cyphergaster</i> (Termitidae, Nasutitermitinae) em período de seca e chuva, em região semiárida do Nordeste brasileiro, 2018	15
------------	---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
2	METODOLOGIA	10
2.1	Área de estudo	10
2.2	Coleta e identificação dos líquens	11
2.3	Quantificação de Macroelementos	11
2.4	Preparação dos líquens para oferta nos bioensaios	11
2.5	Bioensaios de consumo	13
2.6	Analises de dados	14
3	RESULTADOS	14
3.1	Macroelementos	14
3.2	Bioensaios de Preferência	15
4	DISCUSSÃO	16
5	CONCLUSÃO	17
	REFERÊNCIAS	18

VARIABILIDADE DE MACROELEMENTOS E INFLUÊNCIA DE COMPOSTOS FENÓLICOS NO CONSUMO DE LÍQUENS POR *Constrictotermes cyphergaster* (TERMITIDAE, NASUTITERMITINAE)

VARIABILITY OF MACROELEMENTS AND INFLUENCE OF PHENOLIC COMPOUNDS ON LICHENS CONSUMPTION BY *Constrictotermes cyphergaster* (TERMITIDAE, NASUTITERMITINAE)

Estefany Gabriela Luiz de Araújo *

RESUMO

Os líquens produzem diferentes substâncias bioativas que podem diferir entre espécies e estações, os quais estão presentes na dieta de algumas espécies de cupins. Este estudo teve como objetivo analisar as concentrações de macroelementos presente em *Dirinaria confluens* e *Pertusaria flavens* nas estações de seca e chuva, além de verificar se a presença de substâncias fenólicas presentes em *D. confluens* possui influência no consumo desse recurso. Testou-se a hipótese de que a lixiviação com acetona do líquen *D. confluens* influencia na palatabilidade desse recurso na dieta de *Constrictotermes cyphergaster*. Biomassa de talos dos líquens coletados em estação seca e chuvosa foi usada para a quantificação de N, C, P, S, Ca, K, Mg e Matéria Orgânica (MO). *D. confluens* mostrou ter maior abundância de C, MO, N, K, Mg e S na estação seca, enquanto que Ca e P foram mais abundantes na estação chuvosa. Para *P. flavens*, os teores de N, P, K, Mg e S também foram maiores na época seca. O teor de MO variou entre estação e entre as espécies, mostrando-se mais abundante para *D. confluens* (559,50 g/kg-1) na época de seca e para *P. flavens* de 477,90 g/kg-1 na época chuvosa. Bioensaios de oferta alimentar de dupla escolha, ofertando-se talos líquênicos *in natura* e lixiviados (1.5x1.5 cm) mostraram que *C. cyphergaster* parecem apresentar preferência pelos líquens lixiviados, embora não se tenha visto diferença significativa entre os tratamentos ($t=0,884652$, $GL=8$, $p=0,967$). Possivelmente, a preferência pelos talos lixiviados ocorra devido a utilização da acetona na lixiviação, a qual pode alterar propriedades físicas do talo, como a dureza, tornando-os mais acessíveis ao consumo pelo cupim. Demonstrou-se que a composição química do líquen interfere diretamente na sua escolha por *C. cyphergaster*, sugerindo que o consumo desse substrato pode estar relacionado com o potencial químico de certos compostos produzidos por esse organismo.

Palavras-chave: Ecologia nutricional. Cupins. Compostos líquênicos.

ABSTRACT

Liquids produce different bioactive substances that may differ between species and seasons, which are present in the diet of some termite species. This study aimed to analyze how macroelements present in *Dirinaria confluens* and *Pertusaria flavens* in the dry and rainy seasons, and to verify if the presence of phenolic substances present in *D. confluens* has

* Aluna de graduação em Ciências Biológicas na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I.
E-mail: estefanylaraújo@gmail.com

influence on the use caused. To test the hypothesis that acetone leaching of *D. confluens* influences the palatability of this resource in the diet of *Constrictotermes cyphergaster*. The biomass of liquids collected in the dry and rainy season was used to quantify N, C, P, S, Ca, K, Mg and Organic Matter (MO). *D. confluens* presented higher amounts of C, MO, N, K, Mg and S in the dry season, while Ca and P were more abundant in the rainy season. For *P. flavens*, the contents of N, P, K, Mg and S were also higher in the dry season. The MO content varied between seasons and species, being more abundant in *D. confluens* (559.50 g / kg-1) in the dry season and in *P. flavens* of 477.90 g / kg-1 in the dry season. rainy. Double-choice food bioassays offering leached and naturally liquid stalks (1.5x1.5 cm), which *C. cyphergaster* seems to exhibit preferred preferences for leached liquids, but do not see any difference between the tests ($t = 0.884652$, $GL = 8$, $p = 0.967$). Possibly, a preference for leachate stalks occurs due to the use of acetone in the leaching, which may alter the usage characteristics of the stalk, such as hardness, the most commonly used and termite use. Demonstrate that a chemical composition of the liquid directly interferes with your choice of *C. cyphergaster*, suggesting or consuming this substrate may be related to the chemical potential of certain compounds used by this organism.

Keywords: Nutritional ecology. Termites. Lichen compounds.

1 INTRODUÇÃO

Os cupins compõem a infraordem Isoptera (Blattaria) comportando cerca de 3.105 espécies descritas, entre vivas e fósseis (KRISHNA et al., 2013). Possuidores de um importante papel no ecossistema, esses insetos atuam diretamente na decomposição da necromassa vegetal e ciclagem de nutrientes (UPADHYAYA et al., 2012). Em diferentes ecossistemas tropicais eles podem consumir de 14 a 50% da produção anual de necromassa vegetal, podendo chegar a 100% em alguns desertos (MATSUMOTO; ABE, 1979; BIGNELL; EGGLETON, 2000).

A dieta dos cupins é bastante diversificada, incluindo, madeira viva ou morta, gramíneas, plantas herbáceas, serrapilheira, excrementos e carcaças de animais, além de líquens, e até mesmo material orgânico presente no solo (LEE; WOOD, 1971; EGGLETON, 2000; LIMA; COSTA-LEONARDO, 2007). O consumo de madeira por esses insetos é determinado pela dureza, conteúdo tóxico e valor nutricional do recurso (concentração de nitrogênio e outros macronutrientes essenciais como C, Mg, P e K) (ANDERSON, 1962; WALLER; LA FAGE, 1986; LIMA; COSTA-LEONARDO, 2007). Todavia, as fontes celulósicas, principal item na dieta da maioria dos cupins, são ricas em hidrocarbonetos, mas pobres em nitrogênio orgânico (NALEPA, 1994).

Para suprir a limitação do nitrogênio, cupins dos gêneros *Hospitalitermes*, *Grallatotermes*, *Constrictotermes* e *Longipeditermes* desenvolveram o hábito de se alimentar de líquens, os quais podem conter de 10 a 60 vezes mais N quando comparados a madeira (MATHEWS, 1977; COLLINS, 1979; MIURA; MATSUMOTO, 1997; BARBOSA-SILVA et al., 2019). Além de N, os líquens são fontes de macronutrientes como C, Mg, Ca, K, P e S, como também carboidratos, aminoácidos derivados, proteínas e glicolípídeos (HONDA; VILEGAS, 1998). A composição desses nutrientes nos líquens pode variar entre as espécies e períodos climáticos, porém, informações sobre variações sazonais na composição nutricional desse substrato são limitadas (KOVÁCS-LÁNG; VERSEGHY, 1974; LEWIS-SMITH, 1978; NASH, 2008).

Os líquens são constituídos por três parceiros simbióticos: um fungo ascomiceto, uma alga fotossintética e/ou cianobactéria e, inesperadamente, uma levedura basidiomicótica (FIGUEIRA, 2005; ASH, 2016). Eles possuem crescimento lento, são

longevos e tolerantes ao stress, características e adaptações que podem resultar em uma forte defesa contra herbivoria (GAUSLAA, 2005; NASH, 2008).

Atualmente são conhecidos cerca de 1050 metabólitos secundários, sintetizados por esses organismos, em que aproximadamente 90% desses são exclusivos para a simbiose líquênica (NASCIMENTO et al., 1994; STOCKER-WORGOTTER, 2008). Esses compostos podem apresentar diferentes funções ecológicas, como a inibição alelopática de concorrentes, mineralização de rochas, função antimicrobiana, proteção UV, defesa contra patógenos e herbívoros (LAWREY, 1986; RUNDEL, 1978), além de contribuírem no processo de aquisição de nutrientes atmosféricos (ASPLUND; WARDLE, 2013). Muitas dessas funções não foram suficientemente testadas experimentalmente. Todavia, a proteção contra os liquenívoros tem sido bastante evidenciada, como o principal papel ecológico dos compostos líquênicos (SOLHAUG; GAUSLAA, 2001; ASPLUND; WARDLE, 2013).

Poucos herbívoros foram bem-sucedidos na corrida armamentista com os líquens (RICHARDSON; YOUNG, 1977; GERSON; SEAWARD, 1977). Todavia, espécies de gastrópodes e lepidópteros apresentam-se bem adaptados ao consumo desse recurso (GAUSLAA et al., 2006; ASPLUND, 2010). A composição química dos líquens é altamente variável entre as espécies, o que pode tornar esse recurso atraente ou repelente para os animais (FROBERG, BAUR E BAUR, 2001; GAUSLAA, 2005; ASPLUND; WARDLE, 2013). Caracóis (*Cepaea hortensis*) apresentam maior taxa de consumo de líquens quando esses passam por um processo de lixiviação em acetona, processo que reduz os teores de compostos fenólicos desse substrato em até 90% (GAUSLAA, 2005). Todavia, para alguns caracóis os compostos dos líquens parecem os favorecer, uma vez que os mesmos armazenam tais compostos nos seus tecidos, e assim, possivelmente ganham proteção contra predadores (HESBACHER et al., 1995). Espécies de ácaros, colêmbolos e aranhas também apresentaram comportamento semelhante quando submetidos ao consumo de líquens *in natura* e lixiviados com acetona (ASPLUND et al., 2015).

Constrictotermes cyphergaster (SILVESTRI, 1901) é um cupim Neotropical, distribuído no Paraguai, Bolívia, Norte da Argentina e em ambientes do Brasil central (MATHEWS, 1977; CONSTANTINO, 1998). Esse cupim consome troncos e galhos em diferentes estágios de decomposição e recentemente foi descrito como consumidor de líquens (MOURA et al., 2006; BARBOSA-SILVA et al., 2019). Trinta e duas espécies líquênicas foram identificadas na dieta desse cupim, com variação sazonal quanto aos líquens consumidos (BARBOSA-SILVA et al., 2019; BARBOSA-SILVA e VASCONCELLOS, 2019). A disponibilidade de nutrientes nos talos líquênicos, associada à sua composição de compostos secundários têm sido indicativos para a seletividade sazonal observada (BARBOSA-SILVA et al., 2019), sem evidências, até o momento, dos efeitos dessas propriedades líquênicas na dieta dos cupins.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi analisar as concentrações de macronutrientes presente em *Dirinaria confluens* (Fr.) D. D. Awasthi e *Pertusaria flavens* Nyl., espécies mais visitadas em trilhas de forrageio de *C. cyphergaster* (BARBOSA-SILVA et al., 2019), nas estações de seca e chuvosa, além de verificar se a presença de substâncias líquênicas presentes em *D. confluens* possui influência no consumo desse recurso. Neste cenário, testou-se a hipótese de que *C. cyphergaster* evita o talo líquênico com altas concentrações de metabólitos secundários.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

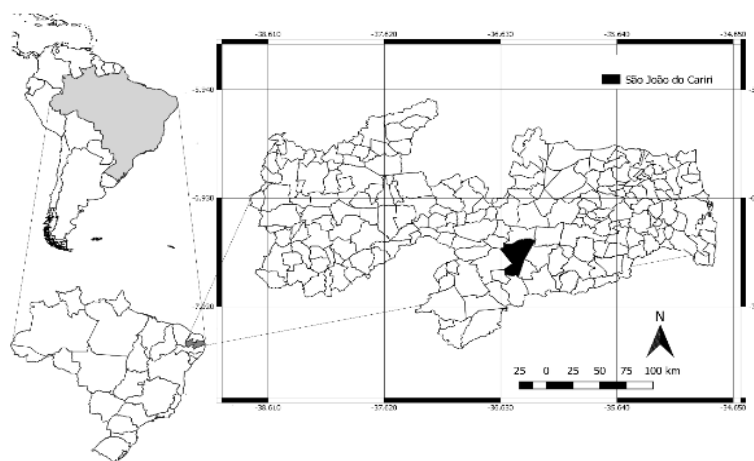
A EESJC possui uma área de 381 ha e se localiza numa das regiões mais secas do Brasil, o Cariri (Figura 1). A área tem altitudes entre 400 a 700 m, e média anual de precipitação, umidade e temperatura máxima de 386.6 mm, 50% e 28.5 a 35 °C, respectivamente (ATLAS GEOGRÁFICO DA PARAÍBA, 1985).

A vegetação é do tipo floresta sazonalmente seca, arbustivo arbóreo aberta (BARBOSA et al., 2007), e seu solo é classificado como Luvisolo Crômico Vértico, tipo Vertissolo, nas partes mais baixas da bacia, e tipo Neossolo Lítico, nas encostas mais íngremes e em posição de topo, associado a afloramentos de rochas em relevo ondulado a forte ondulado (CHAVES et al, 2000).

2.2 Coleta e identificação dos líquens

As amostras de líquens, além de fragmentos de cinco ninhos ativos de *C. cyphergaster*, utilizados para montagem de bioensaios, foram coletados na Estação Experimental de São João do Cariri (EESJC), pertencente à Universidade Federal da Paraíba (UFPB). As amostras de *D. confluens* e *P. flavens* utilizadas para quantificação de macroelementos foram coletadas em estação de seca (novembro de 2017) e chuvosa (abril de 2018). O material coletado foi armazenado em sacos de papel e transportados ao laboratório de Ecologia de Térmitas da Universidade Estadual da Paraíba, Campus I. Caracteres como forma e tamanho do talo, presença, forma e dimensões de estruturas vegetativas, e septação foram observados para a identificação dos líquens. Literatura especializada como Cáceres (2007), Lücking e Rivas-Plata (2008), e Marbach (2000) foram usadas como suporte para a identificação das espécies.

Figura 1 – Localização geográfica da Estação Experimental de São João do Cariri, Paraíba, Brasil.



Fonte: Pires-Silva, 2018.

2.3 Quantificação de Macroelementos

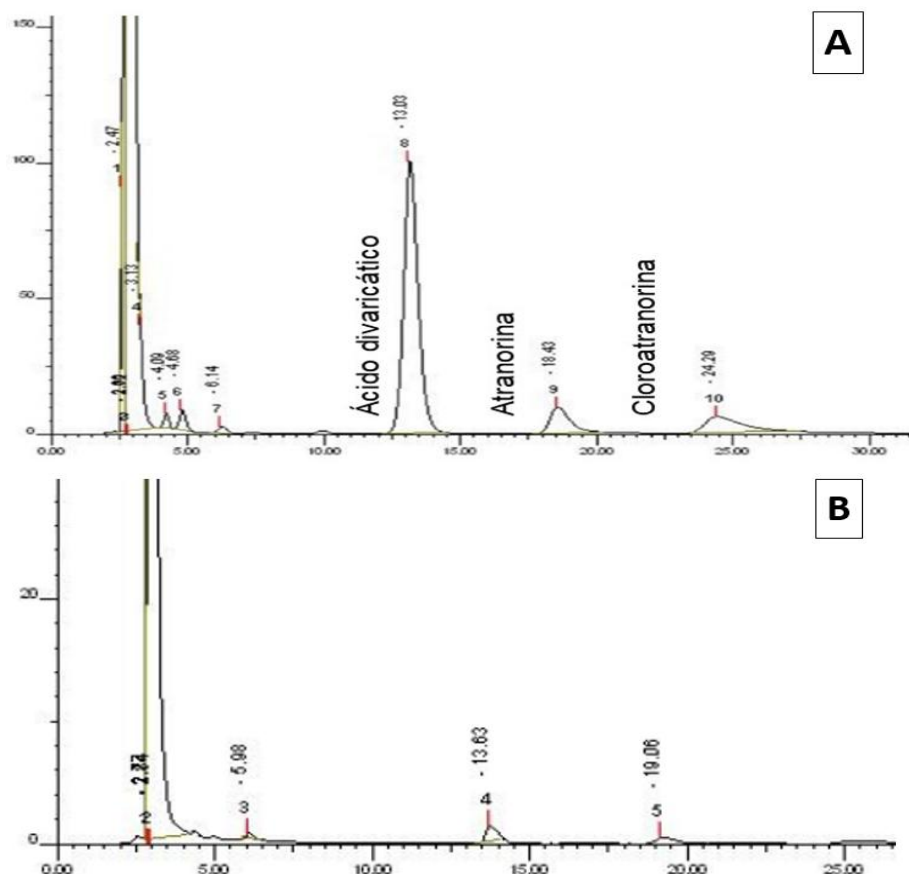
O substrato obtido dos talos, aproximadamente 1,5 g através de raspagem com auxílio de lâmina de aço, foi depositado em potes de vidro e transportado para o Laboratório de Solos da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia, PB, para a quantificação de N, C, P, S, Ca, K, Mg e Matéria Orgânica (MO). As análises foram realizadas segundo a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

2.4 Preparação dos líquens para oferta nos bioensaios

Talos de *D. confluens* foram cortados em fragmentos de 1,5 x 1,5 cm. Em seguida, 40 fragmentos foram lixiviados em acetona 100%. Outros 40 fragmentos in natura foram separados como controle. O lixiviamento se deu através da imersão dos fragmentos dos líquens em 30 ml de acetona por um período de 20 min, em temperatura ambiente, método que extrai cerca de 35% a 95% do teor total de compostos secundários, conforme Solhaug e Gauslaa (2001). Após esse período os fragmentos liquênicos foram removidos da acetona e expostos ao ar livre por 48h para evaporação da acetona residual. A lixiviação com acetona não afeta os nutrientes disponíveis no talo liquênico, os quais são elementos intracelulares. A acetona extrai somente compostos secundários localizados extracelularmente (GAUSLAA, 2005).

Para determinar a eficiência da lixiviação do líquen, foi separado 0,1 g de biomassa dos talos lavados em acetona e 0,1 g de talos in natura. Esse material foi submetido a análise em HPLC (High Performance Liquid Chromatography) (Figura 2). Três fragmentos de talos in natura e três lixiviados de *D. confluens* foram utilizados para as análises. Os ensaios em CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência) foram realizados em cromatógrafo HITACHI, modelo 655A-11, acoplado a um detector de UV CG, modelo CG437-B. As condições de cromatografia foram, segundo Legaz & Vicente (1983): (i) coluna de fase reversa MicroPack MCH-18 de 300x4mm com volume de 20 μ L; (ii) fase móvel isocrática constituída por (metanol: água: ácido acético 80:19,5:0,5 v/v); (iii) pressão de 88 atm e temperatura ambiente de 30° C; detector de UV regulado a 254nm; e (iv) padrões de 0,1 mg.mL⁻¹ de extratos liquênicos. Os extratos foram diluídos até a concentração de 0,1 mg.mL⁻¹ e então injetados no aparelho. Os resultados foram avaliados mediante a determinação do tempo de retenção (TR) das substâncias na coluna e a área dos picos, respectivamente.

Figura 2 – Cromatogramas dos compostos secundários pertencentes à *Dirinaria confluens*. (A) Antes da extração por acetona; (B); Após a extração por acetona; identificados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLEA)



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

2.5 Bioensaios de consumo

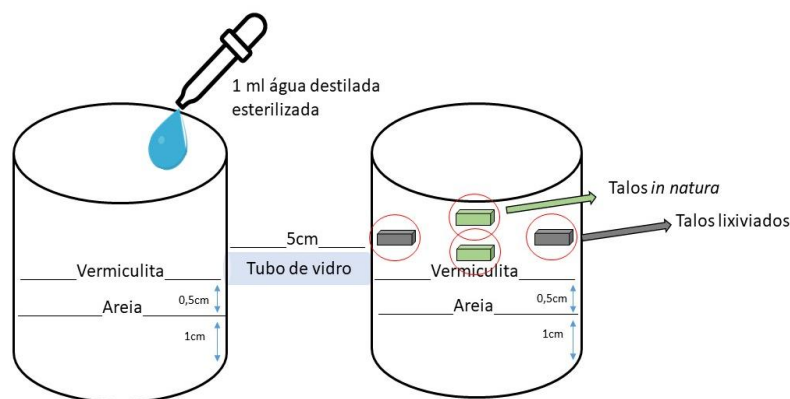
Cupins de cinco ninhos foram coletados para montagem dos bioensaios. Três sub-colônias foram separadas a partir de cada ninho. Cada bioensaio foi composto por 250 indivíduos (200 operários e 50 soldados), em uma proporção de 4:1 (VASCONCELLOS et al. 2007). Os indivíduos foram acondicionados em arenas, recipientes de vidro de 250 ml, perfurados e conectados entre si através de canos de vidro (5 cm), confeccionados a partir de pipetas sorológicas (Figura 3). Em uma das arenas, forrada com 1 cm de areia e 0,5 cm de vermiculita expandida, esterilizada e umedecida com 1 ml de água destilada estéril, foram colocados os cupins. Na outra arena foram acondicionados os talos de líquens, lixiviados (dois talos, medindo 1,5 x 1,5 cm) e in natura (dois talos, medindo 1,5 x 1,5 cm), posicionados em pontos equidistantes (Fig. 3). Cada talo ofertado teve sua parte basal envolvida com papel alumínio a fim de impedir que os cupins comessem restos de madeira do vegetal suporte de onde foram extraídos.

Os talos líquênicos ofertados nos bioensaios foram pesados antes de serem ofertados, bem como observados em lupa eletrônica a fim de verificar a presença de ranhuras ou sinais de predação, selecionando-se aqueles isentos desses danos. Os bioensaios foram mantidos em BOD por dez dias em completa escuridão, sob temperatura

constante de 25 °C. Após esse período os líquens foram removidos dos tratamentos e pesados novamente para avaliação da biomassa consumida.

Os bioensaios foram realizados em triplicata para cada ninho, onde cada um destes continha um controle com apenas talos líquênicos, *in natura* e lixiviados, sem os cupins.

Figura 3 – Esquema dos bioensaios de consumo para *Dirinaria confluens* ofertada ao cupim *Constrictotermes cyphergater* (Termitidae, Nasutitermitinae).



Fonte: Adaptado de Barbosa-Silva (2019).

2.6 Análise dos dados

O consumo dos líquens foi dado pela diferença entre o peso inicial e final dos talos, corrigido, quando necessário, pela perda de peso dos controles (recipientes sem cupins). A diferença do consumo entre os talos líquênicos *in natura* e lixiviados foram verificados através do teste T para amostras independentes utilizando o software R versão 3.2.3 “Wooden Christmas-Tree” (R CORE TEAM, 2015).

3 RESULTADOS

3.1 Macroelementos

Os elementos C e N foram os que apresentaram maior teor nos líquens avaliados, enquanto, S e P foram os nutrientes em menor concentração. Os valores de N, Mg e S foram mais elevados durante a estação seca para ambos os líquens, com destaque para o Mg, que apresentou cerca de 90% a mais nessa estação, em comparação ao período de chuva (Tabela 1). A concentração de K em *P. flavens* também apresentou 72% a mais na estação seca (*D. confluens* 0.61 g/kg-1; *P. flavens* 0.52 g/kg-1). Diferente do observado para *D. confluens*, os valores de C e MO verificados para *P. flavens* foram maiores na estação chuvosa (Tab. 1).

Tabela 1 – Macroelementos (g/kg-1) encontrados em líquens consumidos por *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae) em período de seca e chuva, em região semiárida do Nordeste brasileiro, 2018.

Nutrientes	<i>Dirinaria confluens</i>		<i>Pertusaria flavens</i>	
	Seca	Chuva	Seca	Chuva
C	322,45	305,10	241,80	522,60
MO	559,50	277,20	416,90	477,90
N	19,25	18,73	16,63	14,18
P	1,55	1,73	1,68	1,60
K	3,47	3,35	2,92	0,82
Ca	3,47	4,21	4,66	4,68
Mg	5,39	0,61	4,86	0,52
S	1,49	1,10	1,34	1,31

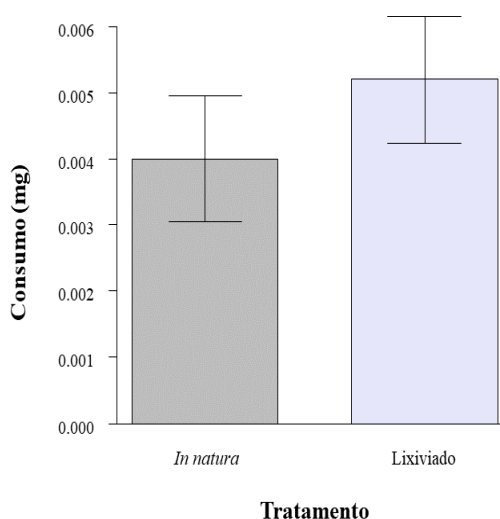
Legenda: C = Carbono; MO = Matéria Orgânica; N = Nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; S = Enxofre.

Fonte: Elaboração autor.

3.2 Bioensaios de consumo

A taxa de consumo de *D. confluens* por *C. cyphergaster* não apresentou diferença significativa entre os tratamentos pelo teste T ($t=0,884652$, $GL=8$, $p=0,967$). Em média, o consumo de líquens verificado para os talos *in natura* foi de 0,004g, menor do que o valor médio verificado para os talos lixiviados (0,005g) (Figura 4).

Figura 4 – Consumo (*in natura* $M= 0.004\pm$ e.p.= 0.002121/ Lixiviado $M=0.006\pm$ e.p.= 0.002168) de *Dirinaria confluens* por *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae), em talos *in natura* e lixiviados.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4 DISCUSSÃO

Processos fisiológicos em líquens são conhecidos por variarem sazonalmente (HALE, 1983), o que explica as diferenças sazonais encontradas nesse estudo para os nutrientes de *D. confluens* e *P. flavens*. Essas variações promovem mudanças na estrutura física dos talos, além de alterações nas atividades de enzimas antioxidantes, compostos fenólicos e nutrientes encontrados em líquens (GHORBANLI et al., 2012) e, presumivelmente, alteram a palatabilidade desse recurso (ASPLUND; WARDLE, 2013). Esses aspectos podem ajudar a explicar as observações realizadas por Barbosa-Silva et al. (2019), quando registraram diferentes riquezas de líquens consumidos por *C. cyphergaster* em período de seca e chuva em um ambiente semiárido brasileiro.

As diferenças sazonais e interespecíficas observadas nas concentrações de K nos líquens analisados neste estudo demonstram que esse elemento se apresenta de forma peculiar em cada líquen e período climático. Concentrações de K em talos de *Cladonia rangiferina*, coletadas em Ontário, Canadá, foram maiores no período de inverno (PUCKETT, 1984). Todavia, as concentrações desse elemento em talos de *Flavoparmelia baltimorensi* foram 18% maiores no verão do que no inverno em Rhode Island, Estados Unidos (PRUSSIA; KILLINGBECK 1991). Segundo Nash (2008), o K é um elemento intracelular essencial para os líquens e seu teor é influenciado tanto pela flutuação sazonal quanto pelas diferentes exigências metabólicas da espécie ao longo do ano.

As análises dos líquens em período de seca demonstraram altas quantidades de N, Mg e S, supondo que temperaturas mais altas parecem favorecer o teor desses nutrientes destacando-se o Mg como o elemento que mais aumentou durante o período de seca. Esse aumento do Mg pode ser explicado pelo fato de ele representar um elemento importante na constituição da molécula de clorofila, e cuja atividade está relacionada ao processo de fotossíntese, apresentando maior atividade em período de seca (MAATHUIS, 2009).

Os resultados obtidos para o consumo de *D. confluens* em talos *in natura* e lixiviados diferem dos encontrados em estudos anteriores para outros liquenívoros (GAUSLAA, 2005; POYKKO et al. 2005; ASPLUND; WARDLE, 2013; CERNAJOVÁ; SVOBODA, 2014; ASPLUND et al. 2015), os quais apresentaram um aumento do consumo dos talos após a remoção dos compostos secundários. É possível que *C. cyphergaster* tenha desenvolvido adaptações para os compostos presentes nos líquens, adquirindo a partir deles algum benefício, tendo em vista que o consumo entre os tratamentos não diferiu significativamente.

Estudos demonstraram que a atranorina, composto majoritário em talos de *D. confluens*, foi capaz de inibir o crescimento de *Bacillus flexus*, *B. thurigiensis*, *B. velezensis*, *B. pumilus*, *B. siamensis*, *B. simplex*, *B. cereus* e *Shingomonas paucimobilis* que foram encontradas no tubo digestivo de *C. cyphergaster* (ROLIM et al., submetido), o que contribui no entendimento acerca do papel destes compostos bioativos. O uso do ácido úsnico, composto liquênico presente em *Pyrenula anomala*, registrado na dieta de *C. cyphergaster*, também foi capaz de controlar simbiontes bacterianos dos gêneros *Staphylococcus*, *Terrabacter*, *Bacillus* e *Methylobacterium*, encontrados no trato digestivo desse cupim (OLIVEIRA, 2016).

Outro aspecto que precisa ser levado em consideração no consumo dos talos *in natura* e lixiviados pelos cupins é o fato de que a utilização da acetona na lixiviação pode alterar propriedades físicas do talo, como a dureza, tornando-os mais aptos ao consumo. Grandjean (1950) observou que o líquen arbóreo seco não é consumido pelo ácaro *Camisia segnis*. No entanto, após ser molhado pela chuva, esse organismo incha, suaviza e é prontamente devorado pelo ácaro. Para os cupins o consumo do alimento é determinado por

suas habilidades de mastigar, digerir e assimilar o recurso (LA FAGE; NUTTING, 1978). Sendo assim, se a acetona promover o amolecimento do talo, isso pode ser um fator adicional que justifica o consumo dos talos lixiviados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo das relações entre os cupins e líquens auxilia no entendimento da ecologia trófica desses insetos. Este trabalho evidenciou uma variação sazonal no teor de macroelementos dos líquens *D. confluens* e *P. flavens*, destacando os íons N, Mg e K, o que pode responder pela preferência alimentar de *C. cyphergaster* em relação aos líquens consumidos em ambiente semiárido de caatinga.

As taxas de consumo observadas neste estudo a partir de talos *in natura* e lixiviados mostram que os compostos liquênicos não interferem no consumo desse recurso pelos cupins. Uma adaptação alimentar pode ter surgido evolutivamente, levando *C. cyphergaster* a ignorar a presença desses compostos na sua dieta, podendo esses conter um efeito benéfico. Todavia, isso ainda precisa ser melhor investigado.

6 REFERÊNCIAS

- ANDERSON, A. On the chemistry of wood rot. **Tappi**, v. 45, p. 40-62. 1962.
- ASH, C. Lichens assemble in three parts. **Science**, v. 353, n. 6298, p.458.17-460, 28 jul. 2016.
- ASPLUND, J.; BOKHORST, S.; KARDOL, P.; WARDLE, D. A. Removal of secondary compounds increases invertebrate abundance in lichens. **Fungal Ecology**, v. 18, p.18-25, dez. 2015.
- ASPLUND, J.; LARSSON, P.; VATNE, S.; GAUSLAA, Y. Gastropod grazing shapes the vertical distribution of epiphytic lichens in forest canopies. **Journal Of Ecology**, v. 98, n. 1, p. 218-225, jan. 2010.
- ASPLUND, J.; WARDLE, D. A.. The impact of secondary compounds and functional characteristics on lichen palatability and decomposition. **Journal Of Ecology**, v. 101, n. 3, p.689-700, 6 mar. 2013.
- ATLAS GEOGRÁFICO DA PARAÍBA. Governo do estado da Paraíba. João Pessoa: Grafset, 100 p. 1985.
- BARBOSA, M. R.V.; LIMA, I. B.; CUNHA, J. P.; AGRA, M. F.; THOMAS, W. W.. Vegetação e Flora no Cariri Paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 03, p.313-322, dez. 2007.
- BARBOSA-SILVA, A. M.; SILVA, A. C.; PEREIRA, E. C. G.; BURIL, M. L. L.; SILVA, N. H.; CÁCERES, M. E. S.; APTROOT, A.; BEZERRA-GUSMÃO, M. A. Richness of Lichens Consumed by *Constrictotermes cyphergaster* in the Semi-arid Region of Brazil. **Sociobiology**, v. 66, n. 1, p. 154-160, 25 abr. 2019.
- BARBOSA-SILVA, A. M.; VASCONCELLOS, A. Consumption Rate of Lichens by *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera): Effects of C, N, and P Contents and Ratios. **Insects**, v. 10, n. 1, p.23-33, 9 jan. 2019.
- BIGNELL, D. E. EGGLETON, P. Termites in ecosystems. *In*: ABE, T.; BIGNELL, D. E.; HIGASHI, M. (eds.). **Termites: evolution, sociality, symbiosis, ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher. 2000 p. 363-388.
- CÁCERES, M. E. S. **Corticolous crustose and microfoliose lichens of northeastern Brazil**. Eching: IHW Verlag. 2007.
- ČERNAJOVÁ, I.; SVOBODA, D. Lichen compounds of common epiphytic Parmeliaceae species deter gastropods both in laboratory and in Central European temperate forests. **Fungal Ecology**, v. 11, p.8-16, out. 2014.
- CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCONCELOS, A. C. F. **Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na Bacia Escola do açude Namorados**. Campina Grande: BNB/UFPB. Boletim Técnico. p. 54. 2000.

COLLINS, N.M. Observations on the foraging activity of *Hospitalitermes umbrinus* (Haviland), (Isoptera: Termitidae) in the Gunong Mulu National Park, Sarawak. **Ecological Entomology**, v.4, p.231-238, 1979.

CONSTANTINO, R. Catalog of the living termites of the new world (Insecta: Isoptera). **Arquivos de Zoologia**. v. 35, n. 2, p. 135 – 231. 1998.

EGGLETON, P. Global patterns of termite diversity. *In*: ABE, T.; BIGNELL, D. E.; HIGASHI, M. **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

FIGUEIRA, R. Introdução à biologia dos líquens. 2005. Disponível em: <http://biomonitor.ist.utl.pt/biomonitor/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=7>. Acesso em: 21 dez. 2018.

FRÖBERG, L.; BERG, C.O.; BAUR, A.; BAUR, B. Viability of lichen photobionts after passing through the digestive tract of a land snail. **The Lichenologist**, v. 33, n. 6, p.543-545, nov. 2001.

GAUSLAA, Y. Lichen palatability depends on investments in herbivore defence. **Oecologia**, v. 143, n. 1, p.94-105, 24 dez. 2004.

GAUSLAA, Y.; HOLIEN, H.; OHLSON, M.; SOLHØY, T. Does snail grazing affect growth of the old forest lichen *Lobaria pulmonaria*? **Lichenologist**, v. 38, n. 6, p.587-593, 19 out. 2006.

GERSON, U.; SEAWARD, M. R. D. Lichen-invertebrate associations. *In*: SEAWARD, M. R. D. (Ed.). **Lichen ecology**. London: Academic Press. 1977. p. 69-119.

GHORBANLI, M.; TEHRAN, T. A.; NIYAKAN, M. Seasonal changes in antioxidant activity, flavonoid, anthocyanin and phenolic compounds in *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale and *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau from Babol forest sites in north of Iran. **Iranian Journal of Plant Physiology**. v. 2, n. 3, p. 461-469, 2012.

GRANDJEAN, F. Observations sur les Oribates (21e série). **Bulletin du Muséum National d'histoire Naturelle**, v. 22, n. 2, p. 344-351. 1950.

HALE, M.E. **The Biology of Lichens**. 3^a ed. London: Edward Arnold Pub. 1983.

HESBACHER, S.; GIEZ, I.; EMBACHER, G.; FIEDLER, K.; MAX, W.; TRAWÖGER, A.; TÜRK, R.; LANGE, O.L.; PROKSCH, P. Sequestration of lichen compounds by lichen-feeding members of the Arctiidae (Lepidoptera). **Journal Of Chemical Ecology**, v. 21, n. 12, p. 2079-2089, dez. 1995.

HONDA, N. K.; VILEGAS, W. A química dos líquens. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p.110-125, fev. 1999.

KOVÁCS-LÁNG, E; VERSEGHY, K. Seasonal changes in the K and Ca contents of terricolous xerophyton lichen species and their soils. **Acta Biologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, v. 23, n. 3-4, p. 325-333. 1974.

- KRISHNA, K.; GRIMALDI, D. A.; KRISHNA, V.; ENGEL, M. S. **Treatise on the Isoptera of the world**. Laurence: Bulletin of the American Museum of Natural History, v. 1, 377 p., 2013.
- LA FAGE, J. P.; NUTTING, W. L. **Nutrient dynamics of termites. Production ecology of ants and termites**. Cambridge: Cambridge University Press. 1978.
- LAWREY, J. D. Biological role of lichen substances. **Bryologist**, v. 89, n. 2, p. 111-122. 1986.
- LEE, K. E.; WOOD, T. G. **Termites and Soils**. London: Academic Press. 251 p. 1971.
- LEWIS-SMITH, R. I. Summer and winter concentrations of sodium, potassium and calcium in some maritime Antarctic cryptogamas. **Journal of Ecology**, v. 66, p. 891-909. 1978.
- LIMA, J. T.; COSTA-LEONARDO, A. M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, p.243-250, 2007.
- LÜCKING, R., RIVAS-PLATA, E. **Clave y Guía Ilustrada Para Géneros de Graphidaceae**. Glalia, 39 p. 2008.
- MAATHUIS, F. J. Physiological functions of mineral macronutrients. **Current Opinion In Plant Biology**, v. 12, n. 3, p.250-258, jun. 2009.
- MARBACH, B. **Corticole und lignicole Arten der Flechtengattung *Buellia* sensu lato in den Subtropen und Tropen**. Stuttgart: Bibliotheca Lichenologica. 384 p. 2000.
- MATHEWS, A.G.A. **Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. 267 p. 1977.
- MATSUMOTO; T.; ABE; T. The role of termites in an equatorial rain forest ecosystem of west Malaysia. **Oecologia**, v. 38, n. 3, p. 261–274, 1979.
- MIURA, T.; MATSUMOTO, T. Diet and nest material of the processional termite *Hospitalitermes*, and cohabitation of *Termes* (Isoptera, Termitidae) on Borneo Island. **Insectes Sociaux**, v.44, n.3, p. 267 – 275. 1997.
- MOURA, F. M. S.; VASCONCELLOS, A.; ARAÚJO, V. F. P.; BANDEIRA, A. G. Feeding habit of *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae) in an area of Caatinga, Northeast Brazil. **Sociobiology**, v.48, n. 2, p. 21-26, 2006.
- NALEPA, C.A. Nourishment and the origin of termite eusociality. *In*: HUNT, J.H.; NALEPA, C.A. (Eds.) **Nourishment and evolution in insect societies**. Boulder: Westview Press, 1994. p. 57-104.
- NASH, T. **Lichen Biology**. 2^a ed. Cambridge: University Press. 2008

- OLIVEIRA, M. **Efeito do ácido úsnico sobre o desenvolvimento de simbiontes bacterianos de *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae)**. 2016. 37 f. TCC (Graduação em Ciências Biológicas Grau Bacharelado) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.
- PÖYKKÖ, H.; HYVÄRINEN, M.; BACKOR, M. Removal of lichen secondary metabolites affects food choice and survival of lichenivorous moth larvae. **Ecology**, v. 86, n. 10, p.2623-2632, out. 2005.
- PRUSSIA, C. M.; KOLLINGBECK, K. T. **The Bryologist**. Ontario: American Bryological and Lichenological Society. 1991.
- PUCKETT, K. J. Temporal variation in lichen element levels. *In*: Brown, D. H. (Ed.). **Lichen Physiology and Cell Biology**, New York: Springer Nature. p. 211-225. 1984.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2015.
- RICHARDSON, D. H. S.; YOUNG, C. M. (1977). Lichens and vertebrates. *In*: SEAWARD, M. R. D. (Ed.). **Lichen ecology** London: Academic Press. 1977. p. 121-140.
- RUNDEL, P. W. The ecological role of secondary lichen substances. **Biochemical Systematics And Ecology**, v. 6, n. 3, p.157-170, set. 1978.
- SOLHAUG, K.A., GAUSLAA, Y. Acetone rinsing - A method for testing ecological and physiological roles of secondary compounds in living lichens. **Symbiosis**, v. 30, n. 4, p. 301–315. 2001.
- STOCKER-WORGOTTER, E. Metabolic diversity of lichen-forming ascomycetous fungi: culturing, polyketide and shikimate metabolite production, and PKS genes. **Natural Product Reports**, v. 25, n. 1, p.188-200, 2008.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2ª ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174 p. 1995.
- UPADHYAYA, S. K.; MANANDHAR, A.; MINALI, H.; POKHREL, A. R.; RIJAL, A.; PRADHAN, B.; KOIRALA, B. Isolation and characterization of cellulolytic bacteria from gut of termite. **Rentech Symposium Compendium**, v.1, p. 14-18, 2012.
- VASCONCELLOS, A.; ARAÚJO, V. F. P.; MOURA, F. M. S.; BANDEIRA, A. G. Ecology, Behavior and Bionomics: Biomass and Population Structure of *Constrictotermes cyphergaster* (Silvestri) (Isoptera: Termitidae) in the Dry Forest of Caatinga, Northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v.36, n.5, p.693-698, 2007.
- WALLER, D. A.; LA FAGE, J. P. Nutritional ecology of termites. *In*: SLANSKY, J. R. F.; RODRIGUEZ, J. G. (Eds). **Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates**. New York: John Wiley & Sons, p. 487-532. 1986.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu amado Senhor, que sempre me deu o discernimento necessário para cumprir todos os meus objetivos e lidar sabiamente com todas as situações até aqui. Sem ele nada eu seria e muito menos teria conseguido chegar onde cheguei.

Agradeço a minha amada família que sempre me deu o apoio em todos os momentos e sempre esteve ao meu lado me ajudando e me dando palavras de carinho e amor. Meu amado pai, Alfredo Luiz (*in memoria*), que foi responsável pela minha força de vontade e garra para nunca desistir, independente do momento. Minha mãe, Maria Mércia, que é meu maior orgulho e inspiração para ser persistente e ser firme na minha fé. Minhas irmãs, Ester Luiz e Amanda Luiz, por sempre me fazerem sentir a pessoa mais capaz do mundo e sempre estarem ao meu lado. Eu amo vocês infinitamente!

Agradeço pela minha princesa e a luz da minha vida, minha sobrinha Luísa, que antes mesmo de entender alguma coisa da vida já sabia exatamente como fazer a titia sorrir. Agradeço aos meus cunhados amados Pasccolly Túlio e Geoval Júnior, por sempre me apoiarem e me darem palavras de carinho sempre que a preocupação tomava conta. Além de todos os meus tios e tias, primos e primas, enfim, tenho uma família maravilhosa, só tenho a agradecer.

Ao meu incrível namorado, companheiro, amigo e super colega de estudos. Sempre presente em todos os momentos, sempre preocupado e sempre pronto para me ajudar em todas as situações (inclusive nas coletas noturnas exaustivas rs). Palavras não são suficientes, agradeço muito à Deus por ter colocado você na minha vida. Obrigada pelas palavras, obrigada pelo amor, obrigada por ser você, te amo demais!

À minha orientadora, Maria Avany, que me acolheu logo no início da minha vida acadêmica. Obrigada por, desde o primeiro dia, ser o exemplo de garra e superação que eu sempre esperei encontrar em um professor. A senhora desde sempre se mostrou ser uma mulher maravilha, uma mãe incrível científica e uma orientadora sem igual. Obrigada por contribuir TANTO para construção de quem sou hoje. Posso garantir que não existe professora igual e mais incrível, sem dúvidas Zoologia dos invertebrados I e II foram duas das melhores e mais bem pagas de toda graduação, isso por sua causa. Só tenho a agradecer por todas as oportunidades e por toda confiança. Levarei seus ensinamentos por toda vida, sou grata por tudo e por sua vida!

À minha amiga e co-orientadora, Ana Márcia, que foi uma das pessoas que Deus colocou na minha vida para trazer sabedoria e diversos ensinamentos. Obrigada por ser

quem tu és. Obrigada por todas as coletas, obrigada por todas as tardes cansativas de identificação e montagem de bioensaios, porém cheias de gratidão no final. Obrigada por tudo, amo sua vida e sou muito grata por ela.

Aos melhores amigos que alguém poderia ter, em especial Mirella, Rafaella e Alice, por sempre estarem por perto e tentarem me ajudar no que fosse possível. Vocês são incríveis. Amo vocês!

Minha turma amada que fez parte dessa longa jornada, de quase cinco anos, tão divertida e gostosa que também possuiu suas atribuições, agradeço. Em especial, agradeço a vocês Luana, Joelma, Rayelle, Karen, Yngwie, Juliane e todos que compartilharam disciplinas. Agradeço por contribuírem grandemente para construção dessa linda caminhada, sem vocês não teria sido a mesma coisa. Em especial agradeço à Antônio que sempre foi um amigo ímpar e sempre soube perceber quando algo estava errado. Agradeço pela incrível amizade de Stephanie e Laíssa, que fizeram parte do meu trio desde o primeiro período, sempre compartilhando as alegrias, tristezas, frustrações, momentos divertidos e marcantes. Stephanie, minha gêmea e companheira em todos os momentos, sempre ao meu lado me dando palavras de apoio, me doando sua amizade e sempre presente em todos os momentos pronta para ajudar no que fosse necessário. Te amo demais e agradeço por sua amizade, que levarei para o resto da minha vida.

À minha maravilhosa companheira de PIBIC, Socorro, que desde o início das pesquisas científicas esteve ao meu lado compartilhando todas as conquistas acadêmicas; todo crescimento, todas as situações constrangedoras e também as felizes. Obrigada por sempre me dizer as palavras certas e por me ouvir nos momentos que eu precisei. Você é incrível, você é fogo. Te amo!

Agradeço pela equipe maravilhosa, a qual tenho orgulho de dizer que faço parte, Laboratório de Ecologia de Térmitas (LET), que desde o segundo período me abraçou e contribuiu e muito na construção do meu eu científico. Obrigada a Mário, que sempre foi um amigo e tutor ímpar; Claudilene que me ajudou desde o início em todas as etapas vividas; Jessika, Igor, Carlos, Kézia, Dayrla, Manu, Marllon e todos que tive o prazer de conhecer no caminho, obrigada a todos vocês.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), por ter me acolhido sob a supervisão da Dra. Liziane, que foi uma grande mestre e grande mulher que apareceu em meu caminho, como também a Fábria, Terezinha e todos os funcionários da Embrapa que sempre me receberam tão bem. Aos parceiros da UFRPE, UFPE e UFPB que sempre

me receberam absurdamente bem, em especial Atzel (UFRPE), que foi um mestre e tanto nos estágios da vida. Obrigada!

Aos meus queridos professores que tanto me ensinaram sobre à biologia, mas também sobre a vida. Obrigada por cada palavra, por cada disciplina e por serem os melhores mestres. À Universidade Estadual da Paraíba, ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica (CNPq) e a Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa/PROPESC pelo apoio financeiro no desenvolvimento da pesquisa e concessão de bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e transporte para coleta de dados.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte dessa jornada longa, atribulada, mas rica de conhecimentos e feliz. Obrigada!