



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA – PRPGP  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

ANA MÁRCIA BARBOSA DA SILVA

**LIQUENS ASSOCIADOS À ALIMENTAÇÃO DE *Constrictotermes cyphergaster*  
(SILVESTRE, 1901) (ISOPTERA, TERMITIDAE) NO SEMIÁRIDO  
BRASILEIRO**

CAMPINA GRANDE – PB  
2014

ANA MÁRCIA BARBOSA DA SILVA

**LIQUENS ASSOCIADOS À ALIMENTAÇÃO DE *Constrictotermes cyphergaster*  
(SILVESTRE, 1901) (ISOPTERA, TERMITIDAE) NO SEMIÁRIDO  
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientadora: Dra. Maria Avany Bezerra Gusmão

Co-orientadora: Profa. Dra. Eugenia Cristina Gonçalves Pereira (UFPE)

CAMPINA GRANDE – PB  
2014

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

S586l Silva, Ana Márcia Barbosa da.

Líquens associados à alimentação de constrictotermes cyphergaster (SILVESTRE, 1901) (ISOPTERA, TERMITIDAE) no semiárido brasileiro [manuscrito] / Ana Márcia Barbosa da Silva. - 2014.

46 p. : il. color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, 2014.

"Orientação: Profa. Dra. Maria Avany Bezerra Gusmão, Departamento de Biologia".

"Co-Orientação: Profa. Dra. Eugenia Cristina Gonçalves Pereira, Departamento de Biologia".  
"Cupim neotropical. 3. Recursos alimentares. 4. Ecologia nutricional. I. Título.

21. ed. CDD 595.7

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**LIQUENS ASSOCIADOS A ALIMENTAÇÃO DE *Constrictotermes cyphergaster*  
(SILVESTRE, 1901) (ISOPTERA, TERMITIDAE) NO SEMIÁRIDO  
BRASILEIRO**

**ANA MÁRCIA BARBOSA DA SILVA**

Dissertação apresentada ao programa de pós- graduação em Ecologia e Conservação da  
Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Mestre em  
Ecologia e Conservação.

**Aprovada pela banca examinadora em 28 de Fevereiro de 2014**

  
\_\_\_\_\_  
Dr.<sup>a</sup> Maria Avany Bezerra Gusmão (Orientadora)

  
\_\_\_\_\_  
Dr.<sup>a</sup> Flávia Maria da Silva Moura (UFCG) – Avaliador externo

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Eduardo Barbosa Beserra (UEPB) – Avaliador Interno

CAMPINA GRANDE - PB

Dedico esse trabalho ao meu amado  
esposo, Paulo. Sou uma mulher  
privilégiada por está casada com um  
homem como Ele. Seriam necessárias  
várias páginas para escrever suas  
virtudes e caráter como um homem de  
Deus, com quem eu tenho a honra de  
conviver. Mas, se sua vida pudesse ser  
resumida em uma única palavra seria  
esta: Companheirismo.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Pai celestial... Como poderia reconhecer em palavras, de forma adequada, tudo que o Senhor fez por mim? Sem a tua graça e o teu favor eu não teria chegado aqui. Em cada passo que dei pude perceber o toque do teu amor e os teus cuidados me cercando. Eu te amo mais do que jamais poderei expressar. Muito obrigada Senhor.

Ao meu esposo, Paulo, companheiro de todas as horas, por seu constante apoio e encorajamento. Por seu auxílio no campo... Por sua paciência nas minhas ausências... Por seu carinho sempre presente... Muito obrigada, meu amor! Você é a benção de Deus para os meus dias.

Aos meus pais... Por seu amor e seus cuidados. Por terem me ensinado valores indispensáveis para uma vida. A vocês que muitas vezes renunciaram aos seus sonhos para que eu pudesse realizar os meus, partilho a alegria deste momento. Obrigada meus pais queridos. Eu amo vocês!

Aos meus pastores, Emanuel e Carol, que estiveram sempre comigo durante esse processo. Obrigada por cada palavra, cada instrução, cada gesto de amor... Vocês ocupam um lugar muito especial em minha vida.

A minha orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Avany... O que dizer para te agradecer, teacher? Você que me acompanhou desde o início da minha vida acadêmica, que me ensinou a dar os primeiros passos científicos... Lembro com carinho de cada detalhe, desde o começo... Você foi muito mais do que uma professora. Muito mais que uma orientadora. Você se fez amiga, companheira, mãe... Obrigada por seus ensinamentos científicos e pessoais. Por sua confiança, paciência, atenção, carinho. Não tenho palavras para expressar o que sinto agora... Obrigada por tudo!

Aos amigos e companheiros de equipe, Antônio Paulino, Bruno, Rebeca, Amanda, Hayanne, Gesilândia, Mirele, Kátia, Mario, Wellerson... Vocês, sem dúvida, tornaram esses anos de trabalho muito mais leves. Obrigada pela contribuição direta e indireta de cada um. Guardarei com muito carinho todos os momentos que juntos desfrutamos.

Agradeço a Vanessa e Zuleica, do laboratório de entomologia da UEPB, por seu apoio tão valioso em campo. Vocês foram providência divina para aqueles dias. Obrigada.

A minha co-orientadora, prof<sup>a</sup>. Eugenia Cristina Pereira, sempre acolhedora, animada e disponível para auxiliar nos trabalhos com os líquens. O meu muito obrigada! Sem a sua colaboração a realização desse trabalho não teria sido possível.

A prof<sup>a</sup>. Marcela Caceres, pela acolhida em seu laboratório e apoio na identificação das espécies líquênicas. Agradeço a Lourdes Buriel (UFPE), por sua grandiosíssima contribuição nas análises laboratoriais e por me acolher em sua casa sempre que necessário. A vocês, a minha gratidão.

Agradeço a Universidade Estadual da Paraíba pelo apoio logístico para realização dessa pesquisa e a capes pela bolsa concedida durante esses dois anos de estudos.

*A todos o meu mais profundo reconhecimento... Muito Obrigada!*

## **RESUMO GERAL**

O estudo investigou a ingestão de líquens por *Constrictotermes cyphergaster*, identificando a riqueza líquênica explorada e os ácidos produzidos pelos líquens ingeridos, observando a ocorrência de diferenças sazonais na ecologia alimentar desses insetos no semiárido paraibano. As atividades de forrageio dos cupins foram monitoradas a partir de cinco ninhos, no intervalo das 18 às 06h, durante dez dias consecutivos em período de seca e chuva. Operários raspando líquens foram coletados para análise do conteúdo alimentar. Os líquens explorados foram coletados, e juntamente com o substrato do papo foram submetidos à análise de cromatografia em camada delgada (CCD). Identificaram-se 29 espécies de líquens associadas à alimentação dos cupins. As análises de CCD revelaram oito compostos secundários líquênicos. Os ácidos atranorina, úsnico, divaricático, norstético, parietina, estictico, tamnolico e didimico foram registrados no conteúdo alimentar do papo dos cupins, bem como estruturas líquênicas como esporos, hifas e células algais. Houve diferença sazonal quanto a produção dos ácidos para algumas espécies. Além de o consumo dos líquens poder favorecer nutricionalmente os cupins como uma fonte energética complementar à sua dieta, os ácidos liquênicos, possuidores de atividades antimicrobianas, podem atuar sobre a comunidade simbiótica do intestino dos cupins, agindo como controladores populacionais, podendo ainda atuarem como facilitadores na quebra da lignocelulose da dieta dos cupins.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ácidos líquênicos; Cupim neotropical; Recursos alimentares; Ecologia nutricional



## GENERAL ABSTRACT

The study investigated the intake of lichens by *Constrictotermes cyphergaster* identifying the lichen richness and explored the acids produced by lichens eaten by observing the occurrence of seasonal differences in feeding ecology of these insects in semiarid Paraíba. The activities of foraging termites were monitored from five nests in the range from 18 to 06 h, for ten consecutive days in a period of drought and rain. Workers scraping lichens were collected for analysis of food contents. The exploited lichens were collected, and the substrate together with the crop were subjected to analysis of thin layer chromatography (TLC). We identified 29 species of lichens associated with the feeding of termites. The analyzes revealed eight CCD liquênicos secondary compounds. The acids atranorina, usnic, divaricático, norstíctico, parietina, estictico, tamnolico and didimico were recorded in the crop content of food of termites and liquênicas structures such as spores, hyphae and algal cells . Was no seasonal difference in the production of acids for some species. In addition to the power consumption of lichens nutritionally promote termites as a source energetic supplement to your diet, the liquênicos acids, possessing antimicrobial activity , may act on the symbiotic community in the gut of termites , acting as population controllers, and can also act as facilitators in the breakdown of lignocellulose diet of termites .

**KEYWORDS:** Liquenic acids; Neotropical termite; Food resources; Nutritional ecology

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	14
OBJETIVO GERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
PERGUNTAS.....	17
HIPÓTESE.....	17

### **Capítulo 1 - Riqueza liquênica associada à alimentação de *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae) em região semiárida, NE do Brasil**

INTRODUÇÃO.....	20
METODOLOGIA.....	21
RESULTADOS.....	23
DISCUSSÃO.....	26
REFERENCIAS .....	28

### **Capítulo 2 - Substâncias liquênicas associadas ao conteúdo alimentar do térmita neotropical *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Termitinae)**

INTRODUÇÃO.....	32
METODOLOGIA.....	33
RESULTADOS.....	35
DISCUSSÃO.....	38
REFERENCIAS .....	39
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERENCIAS.....	44

## LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO 1

- Figura 1-** Similaridade da riqueza liquênica ingerida por *Constrictotermes cyphergaster* em período de seca (2012) e de chuva (2013), em região semiárida, Nordeste do Brasi..... 25
- Figura 2** - Frequência relativa de líquens visitados e consumidos por *Constrictotermes cyphergaster* em trilhas de forrageio, período de seca (2012) e chuva (2013), em região semiárida, Brasil..... 25
- Figura 3** – Estruturas liquênicas observadas no substrato sólido do papo dos operários de *Constrictotermes cyphergaster* ingeridas durante o consumo de líquens, em uma região semiárida, no nordeste do Brasil..... 26

## LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO 1

<b>Tabela 1</b> – Riqueza de líquens ingeridos por <i>Constrictotermes cyphergaster</i> em trilhas de forrageio no semiárido brasileiro, em período de seca (2012) e chuva (2013).....	24
--	----

## LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO 2

- Figura 1** – Cromatografia em camada delgada dos extratos orgânicos de líquens ingeridos por *Constrictotermes cyphergaster* e conteúdo alimentar do papo de operários durante o forrageio em período de seca (2012), em uma região semiárida do nordeste do Brasil..... 37
- Figura 2** – Cromatografia em camada delgada dos extratos orgânicos de líquens ingeridos por *Constrictotermes cyphergaster* e conteúdo alimentar do papo de operários durante o forrageio em período de chuva (2013), em uma região semiárida do nordeste do Brasil..... 37

## LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO 2

<b>Tabela 1</b> – Riqueza liquênica associada à alimentação de <i>Cosntrictotermes cyphergaster</i> e ácidos orgânicos identificados nos líquens ingeridos em período de seca (2012) e de chuva (2013) numa região semiárida, NE do Brasil.....	36
---	----

## INTRODUÇÃO GERAL

Os cupins são insetos eussociais compreendidos na ordem Isoptera, comportando atualmente cerca de 3.105 espécies descritas no mundo (KRISHNA et al. 2013). Esses insetos são amplamente distribuídos em áreas tropicais e temperadas, apresentando grande importância ecológica para os ecossistemas florestais, principalmente devido às modificações que podem causar na paisagem e nas propriedades físicas e químicas do solo, além de desenvolverem significativos efeitos no processo de decomposição e ciclagem de nutrientes (WHITFORD, 1991; FONTES, 1995; HOLT; LAFAGE, 2000).

A sociedade desses insetos é composta por diferentes castas, responsáveis por atividades específicas, e mutuamente dependentes entre si (EGGLETON, 2011). As castas ápteras são representadas pelos operários e soldados, enquanto as castas ninfais são representadas pelo casal real (rei e rainha). Os operários são responsáveis pela coleta, transporte do alimento e construção do ninho. Já os soldados e as castas ninfais são responsáveis pela defesa e atividades reprodutivas, respectivamente (EGGLETON, 2011). Essas castas atuam em conjunto para produzir fenômenos regidos pelo coletivo, sendo a colônia dos cupins considerada como um superorganismo (EMERSON, 1949; KRISHNA, 1969; HOLLDOBLER; WILSON, 2009).

A atividade de forrageio é uma ação conjunta de soldados e operários para garantir o alimento da colônia. Geralmente, os cupins constroem um sistema de galerias ou pistas, cobertas ou descobertas, ao longo dos quais eles formam trilhas em busca de alimento, umidade e partículas de solo (WOOD, 1978). Esse processo envolve a atividade de milhares de indivíduos e é coordenado por diversas estratégias de comunicação, principalmente de natureza química (EGGLETON, 2000). Todavia, a ecologia alimentar dos cupins ainda é mal compreendida, e seus hábitos crípticos limitam as observações a esse respeito (WOOD, 1978).

Os cupins apresentam uma alimentação bastante diversificada, incluindo madeira (viva ou morta), gramíneas, plantas herbáceas, serrapilheira, fungos, ninhos construídos por outras espécies de cupins, excrementos e carcaças de animais, líquens e material orgânico presente no solo (húmus) (LEE; WOOD, 1971; WOOD, 1978; EDWARDS; MILL, 1986; BIGNELL; EGGLETON, 2000).

Preferências alimentares variam entre as espécies e táxons superiores, e de acordo com a dieta alimentar os cupins são classificados principalmente como xilófagos

(consomem madeira), húmívoros (comedores de solo), intermediários (interface xilófago-húmívoros), folívoros, fungívoros e comedores de musgos e líquens (WOOD, 1978; BIGNELL; EGGLETON, 2000).

Comparada com a dieta de outros animais, a alimentação dos cupins é considerada de baixo valor nutricional e, embora a celulose seja o recurso mais utilizado entre esses insetos, eles não conseguem digerir sozinhos essa molécula, necessitando do auxílio de microorganismos simbióticos do seu intestino, como protozoários, bactérias e fungos que atuam em seu trato digestório, facilitando a degradação dos recursos e a assimilação de energia (CLEVELAND et al., 1934; MOORE, 1969; WALLER; LA FAGE, 1986).

Os líquens resultam de uma associação simbiótica por um fungo e uma ou mais algas, que podem ser cianofíceas ou clorofíceas e são considerados fontes de carboidratos, aminoácidos derivados, proteínas e glicolipídeos, fazendo parte de muitas cadeias alimentares de invertebrados (HAWKSWORTH; HILL, 1995; HONDA; VILEGAS, 1998). Contudo, ainda são escassos os registros sobre a qualidade nutricional dos líquens, bem como sobre os benefícios oferecidos aos invertebrados que os consomem (SHARNOFF, 1998).

Produtores de cerca de 1050 compostos secundários, os líquens apresentam baixa palatabilidade, sintetizando ácidos importantes contra herbivoria e competição (GAUSLAA, 2005; STOCKER-WORGOTTER, 2008). Ainda assim, muitos invertebrados parecem ter desenvolvido mecanismos de defesa contra esses compostos, apresentando-se bem sucedidos na corrida armamentista com os líquens (RICHARDSON; YOUNG, 1977; GERSON; SEAWARD, 1977).

A exploração de fungos liquenizados como recurso pelos cupins é conhecida na literatura para *Hospitalitermes* e para o cupim *Constrictotermes cavifrons* (MIURA; MATSUMOTO, 1997, 1998; MATHEWS, 1977; MARTIUS et al. 2000). Collins (1983) sugere que os cupins do gênero *Hospitalitermes* sp. demonstram preferência por líquens porque esses representam uma fonte extra de N em sua dieta. Contudo, ainda há muitas indagações a cerca desse comportamento alimentar, não se sabendo, até o momento, quais os reais ganhos nutritivos oferecidos pelos líquens, se são os fungos ou as algas o recurso mais importante, ou se usam os líquens como apoio enzimático para quebra da lignina.



*Constrictotermes cyphergaster* (Silvestri, 1901), pertence à família Termitidae (Nasutitermitinae) e tem distribuição no Brasil, ocorrendo em áreas de caatinga e cerrado, com registros também na Argentina, Bolívia e Paraguai (MATHEWS, 1977; TORALES et al. 2005). A espécie tem hábito de forragear durante a noite em trilhas expostas, que vão desde a planta hospedeira até a vegetação adjacente e solo, mas sua bioecologia alimentar ainda desperta interesse.

Mathews (1977) sugeriu que as espécies do gênero *Constrictotermes* se alimentariam de líquens devido à morfologia de suas mandíbulas se assemelharem com espécies pertencentes ao gênero *Hospitalitermes*. Moura e Vasconcellos (2006) verificaram que os principais alimentos consumidos por *C. cyphergaster* incluem troncos e galhos de árvores em diferentes estágios de decomposição e superfícies de troncos de árvores vivas. Os mesmos autores também observaram operários desse cupim sobre líquens, mas não conseguiram constatar se o mesmo estava sendo consumido. Bezerra-Gusmão (com. pessoal) também verificou indivíduos da espécie forrageando sobre os líquens, supondo que esses insetos utilizam esse recurso como fonte alimentar devido ao tempo de forrageio sobre aquele substrato e verificar constrictões (estreitamento) abdominais dos operários enquanto permanecem no recurso.

Conhecer os hábitos alimentares dos cupins ajuda na compreensão do papel desses insetos no funcionamento dos ecossistemas, e nessa perspectiva esse estudo vem apresentar informações referentes à riqueza e bioquímica de líquens consumidos por *C. cyphergaster* em estação de seca e chuva, em região semiárida do Brasil, preenchendo lacunas da literatura nutricional dos cupins, visando contribuir para ampliação dos estudos sobre a bioecologia alimentar desses insetos.

## OBJETIVO GERAL

- ❖ Verificar se *Constrictotermes cyphergaster* se alimenta de líquens, identificando a riqueza líquênica e os ácidos orgânicos ingeridos por esse cupim, visando contribuir com os estudos da ecologia nutricional da termitofauna brasileira.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Registrar as espécies líquênicas ingeridas por *C. cyphergaster* nas estações de seca e chuva;
- ❖ Observar se *C. cyphergaster* apresenta variação e/ou preferência quanto aos líquens ingeridos entre as estações de seca e chuva;
- ❖ Verificar a ocorrência de estruturas líquênicas no conteúdo alimentar de *C. cyphergaster* através de técnicas de coloração;
- ❖ Identificar as substâncias líquênicas sintetizadas pelos líquens ingeridos por *C. cyphergaster* e sua ocorrência no conteúdo alimentar desses cupins através de cromatografia em camada delgada (CCD), em estação de seca e chuva;

## PERGUNTAS

- ❖ *Constrictotermes cyphergaster* utiliza os líquens como recurso alimentar?
- ❖ Qual a riqueza de líquens consumida por *C. cyphergaster*? Existe preferência e/ou variação no comportamento alimentar desse cupim entre os períodos de seca e chuva quanto à ingestão de líquens?
- ❖ Quais os ácidos produzidos pelos líquens ingeridos por *C. cyphergaster*?

## HIPÓTESE

- ❖ *Constrictotermes cyphergaster* se alimenta de líquens e a ingestão desse recurso é variável em decorrência da estação climática e das substâncias secundárias produzidas pelos líquens.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa – PRPGP**  
**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação - PPGEC**

**Manuscrito a ser submetido ao Ecological Entomology**

**Líquens associados à alimentação de *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae; Nasutitermitinae) em região Semiárida, Brasil**

Ana Márcia Barbosa-Silva<sup>1</sup>; Amanda Cosme da Silva<sup>2</sup>; Eugênia Cristina Gonçalves Pereira<sup>3</sup>; Maria de Lourdes Lacerda Buril<sup>3</sup>; Marcela Eugenia da Silva Cáceres<sup>4</sup>; Maria Avany Bezerra-Gusmão<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Térmitas/Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação. Universidade Estadual da Paraíba. Rua das Baraúnas, 351, Complexo Três Marias, Sala 06, Departamento de Biologia, Campus I, Bairro Universitário, Campina Grande – PB, CEP: 58.429-500, E-mail: [anamarcia1983@hotmail.com](mailto:anamarcia1983@hotmail.com)

<sup>2</sup>Laboratório de Térmitas. Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, CEP 58109-790, Campina Grande, PB.

<sup>3</sup>Laboratório de Produtos Naturais/ Departamento de Bioquímica. Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego, 1235. Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Bioquímica e Biofísica. Cidade Universitária. CEP: 50670-901 - Recife, PE.

<sup>4</sup>Laboratório de Micologia. Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Biociências. Av. Vereador Olimpio Grande, s/n. Centro 49500-000 - Itabaiana, SE.

## **Líquens associados à alimentação de *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae; Nasutitermitinae) em região Semiárida, Brasil**

Ana Márcia Barbosa-Silva<sup>1</sup>; Amanda Cosme da Silva<sup>2</sup>; Eugênia Cristina Gonçalves Pereira<sup>3</sup>; Maria de Lourdes Lacerda Buri<sup>3</sup>; Marcela Eugenia da Silva Cáceres<sup>4</sup>; Maria Avany Bezerra-Gusmão<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup>Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação. Universidade Estadual da Paraíba.

<sup>2</sup>Laboratório de Entomologia. Dpto. de Biologia. Universidade Estadual da Paraíba.

<sup>3</sup>Laboratório de Produtos Naturais/ Dpto. de Bioquímica. Universidade Federal de Pernambuco.

<sup>4</sup>Laboratório de Micologia. Departamento de Biociências. Universidade Federal de Sergipe.

**RESUMO** - O estudo avaliou o consumo de líquens por *Constrictotermes cyphergaster*, verificando a riqueza de espécies ingeridas e a presença de estruturas liquênicas no conteúdo alimentar dos cupins. As observações de campo ocorreram em período de seca (2012) e de chuva (2013), numa região do semiárido brasileiro 7°20'34"S e 36°31'50"W. As atividades de forrageio dos cupins foram monitoradas em cinco ninhos, das 18 às 06h, durante dez dias consecutivos em cada período climático. Ao término do experimento os líquens explorados pelos cupins foram coletados, bem como os operários que raspavam líquens para análise do conteúdo alimentar. Vinte e nove espécies de líquens foram consumidas por *C. cyphergaster*. A riqueza liquênica não apresentou similaridade entre os períodos sazonais pelo método de ordenação MDS. Estruturas liquênicas como esporos, hifas e células algais foram observadas no conteúdo alimentar do papo dos cupins. O consumo de líquens por *C. cyphergaster* sugere que a ingestão desse recurso pode representar uma fonte alimentar complementar a sua dieta lignocelulósica, e isso pode estar relacionado com o potencial bioquímico de compostos secundários sintetizados por esses organismos.

**PALAVRAS CHAVE** - Ecologia alimentar; Cupins; Fungos liquenizados.

## INTRODUÇÃO

Líquens são organismos simbióticos, altamente especializados, consistindo de um fungo e de uma alga. Comportam cerca de 13.500 espécies crescendo ao redor da Terra e cobrem aproximadamente 8% da superfície terrestre do mundo (Hawksworth, 1988; Nash, 2008; Sipman & Aptroot, 2001). No Brasil, a maioria dos trabalhos sobre esses organismos concentram-se na região Sul e Sudeste do país (Cáceres 2007a), havendo uma escassez de estudos na região Nordeste, em especial em áreas de caatinga.

Os líquens são componentes importantes de muitas teias alimentares que incluem invertebrados e seus predadores, os quais se utilizam desse recurso para camuflagem, abrigo ou alimentação (Sharnoff, 1998). Eles são fontes de carboidratos, aminoácidos derivados, proteínas e glicolípídeos, além de uma série de metabólitos secundários bastante utilizados na indústria farmacológica (Honda & Vilegas, 1998).

Segundo Sharnoff (1998) mais da metade das ordens de insetos, dentre esse os cupins, tem associação com líquens. Entre os cupins a exploração desse recurso é reconhecida para o gênero *Hospitalitermes* e para o cupim *Constrictotermes cavifrons* (Miura & Matsumoto, 1997, 1998; Mathews, 1977; Martius *et al.*, 2000). Para Collins (1983), *Hospitalitermes* se alimenta de líquens porque eles oferecem uma fonte extra de nitrogênio. Contudo, não se sabe ao certo quais os ganhos que motivam os cupins a buscarem essa fonte; também não se conhece qual a riqueza liquênica associada à alimentação dos cupins que buscam esse recurso.

*Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae) tem distribuição no Brasil, ocorrendo em áreas de caatinga e cerrado, com registros também na Argentina, Bolívia e Paraguai (Mathews, 1977; Torales *et al.*, 2005). Eles apresentam o hábito de forragear durante a noite em trilhas expostas, que vão desde a planta hospedeira até a vegetação adjacente e solo, e sua bioecologia alimentar ainda desperta interesse. Mathews (1977) sugeriu que as espécies desse gênero se alimentariam de líquens, devido à morfologia de suas mandíbulas se assemelharem com espécies pertencentes ao gênero *Hospitalitermes*. Moura e Vasconcellos (2006a) verificaram que os principais alimentos consumidos por *C. cyphergaster* incluem troncos e galhos de árvores em diferentes estágios de decomposição e superfícies de troncos de árvores vivas. Os mesmos autores também observaram operários desse cupim sobre líquens, mas não conseguiram constatar se o mesmo estava sendo consumido. Bezerra-Gusmão

(com. pessoal) também verificou indivíduos da espécie forrageando sobre os líquens, supondo que esses insetos utilizam esse recurso como fonte alimentar devido ao tempo de forrageio sobre aquele substrato e verificar constrições (estreitamento) abdominais dos operários enquanto permanecem no recurso.

A atividade de forrageio e a ecologia alimentar dos cupins sofre influencia de fatores climáticos, como umidade e temperatura (Wood, 1977; Collins, 1991). Para aqueles que se alimentam de líquens a disponibilidade das espécies liquênicas não é afetada durante as estações (Caceres, 2007a), mas a estrutura física e química dos talos podem sofrer variações, e conseqüentemente podem provocar mudanças na exploração desse recurso. Conhecer a ecologia alimentar dos cupins ajuda no entendimento do papel desses insetos no funcionamento do ecossistema, mas informações sobre essa perspectiva são escassas.

O presente estudo avaliou o consumo de líquens por *C. cyphergaster*, verificando a riqueza de espécies ingeridas por esse cupim e a presença de estruturas liquênicas em seu conteúdo alimentar, ampliando o conhecimento da ecologia alimentar desses insetos, além de contribuir para estudos taxonômicos sobre a riqueza de fungos liquenizados no semiárido brasileiro.

## **METODOLOGIA**

### ***Área de Estudo***

As observações de campo foram realizadas na Estação Experimental de São João do Cariri (EESJC) 7°20'34"S/36°31'50"W, pertencente à Universidade Federal da Paraíba (UFPB). A EESJC possui uma área de 381 ha e se localiza numa das regiões mais secas do Brasil, com altitudes entre 400 a 700 m, e média anual de precipitação, umidade e temperatura máxima de 400 mm, 70 % e 28.5 a 35 °C, respectivamente (Araújo *et al.*, 2005). O clima da região é quente e seco, com distribuição irregular em curtos períodos das chuva (janeiro a abril) e estação de seca prolongada (maio a dezembro).

A vegetação é do tipo caatinga arbustivo arbóreo aberta, com predominância de *Caesalpinia pyramidalis* Tul., *Croton blanchetianus* Müll. Arg. (formalmente referido no Brasil como *C. sonderianus* Müll. Arg.), *Combretum leprosum* Mart., *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill, *Aspidosperma pyrifolium* Mart. e *Tacinga palmadora* (Britton e

Rose) (Barbosa *et al.*, 2007). O solo da área da EESJC é classificado como Luvissole 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).

### ***Procedimentos de amostragem***

Foram selecionados cinco ninhos de *C. cyphergaster* para monitoramento das atividades de forrageio dos cupins nas estações de seca (2012) e de chuva (2013). Os mesmos ninhos foram observados em ambas as estações climáticas. As observações ocorreram durante dez dias consecutivos, em cada período climático, no intervalo das 18:00 as 06:00h. Foram seguidas as trilhas de forrageio dos cupins, marcando-se os líquens que os operários visitaram e raspam, além de observar a frequência com que cada espécie de líquen foi visitada. As observações da ingestão de líquens pelos cupins não levou em consideração as trilhas formadas no dossel, limitando-se a porção mais baixa da vegetação, até cerca de 2 m de altura. Ao término dos 10 dias, os líquens foram coletados em sacos de papel, onde ficaram acondicionados até sua identificação.

### ***Identificação dos líquens***

Para identificação dos líquens foram analisadas detalhadamente estruturas morfológicas de valor taxonômico, como: forma e superfície do talo, presença, tipo e formas de estruturas reprodutivas (ascomas, sorédios e isídios), tipos de peritécios (agrupados ou solitários) e coloração. Foram feitos cortes transversais nos talos com auxílio de lâminas de aço. O material cortado foi depositado em lâminas contendo uma gota de água destilada, as quais foram observadas em microscópio óptico e tratadas com Iodo e/ou hidróxido de potássio. Todo processo de identificação foi realizado com auxílio de literatura especializada: Cáceres (2007b), Lücking *et al.* (2009), Lücking & Rivas-Plata (2008) e Marbach (2000).

### ***Análise da presença de estruturas líquênicas no conteúdo do papo dos operários***

Para avaliar o consumo de líquens por *C. cyphergaster*, 20 operários de cada população dos ninhos em observação foram coletados em água destilada logo após deixarem os talos líquênicos.

Os substratos sólidos extraídos do papo, após dissecação, foram submetidos a testes de coloração em vermelho neutro, vermelho de fenol e azul de toluidina a 10%, a fim de visualizar as diferentes estruturas liquênicas. Cerca de 80% do material foi corado e os outros 20% foram analisados sem coloração para se ter um padrão comparativo. O material foi analisado em lâminas de microscopia observadas em microscópio óptico (40X).

### **Análise dos dados**

A frequência relativa de visitação aos líquens foi determinada pela riqueza de líquens explorados e o número de vezes com que cada espécie foi visitada ao longo das trilhas. Diferenças na frequência de visitação dos cupins aos líquens entre as estações de seca e chuva foi avaliada através de uma análise de variância (ANOVA), utilizando o BIOSTAT 5.0.

A similaridade das comunidades liquênicas entre as estações climáticas foram investigadas através do teste de Escalonamento Multidimensional não métrico (nMDS) baseado na distância euclidiana. Para essa análise foi usado o programa estatístico Primer 6.1.1.

## **RESULTADOS**

Identificaram-se 29 espécies de líquens crostosos, distribuídas em 14 famílias e 17 gêneros, associadas à alimentação de *C. cyphergaster* (Tab.1). *Pertusaria flavens* Nyl., *Dirinaria confluens* (Fr.) D. D. Awashti e *Chrysothrix xanthina* (Vain.) Kalb foram as mais frequentes entre as trilhas de forrageio monitoradas (Tab. 1). A riqueza liquênica não apresentou similaridade entre os períodos sazonais pelo método de ordenação NMDS (Fig. 1).

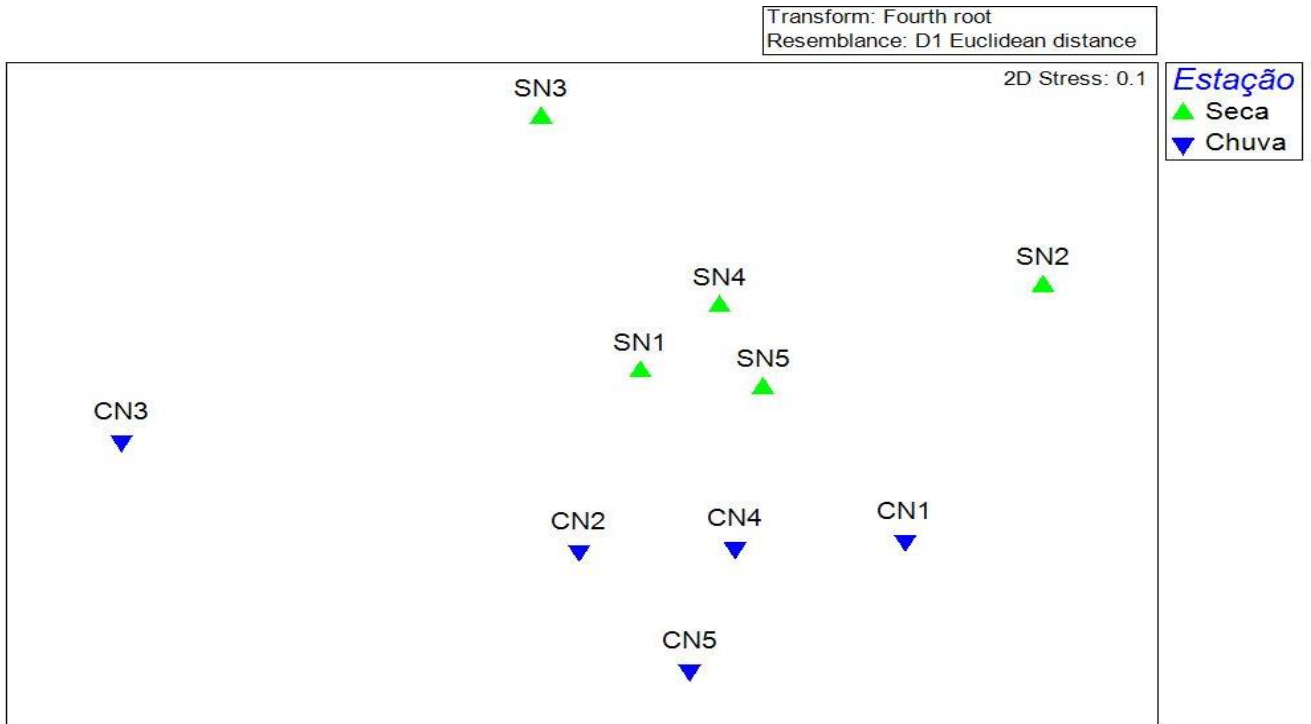
A frequência de visitação dos cupins aos líquens não diferiu significativamente entre as estações climáticas ( $F=1.72$ ;  $p= 0.19$ ). Contudo, observou-se variação entre as espécies exploradas (Fig. 2). Líquens mais frequentes ao longo das trilhas de forrageio foram os mais consumidos pelos cupins.



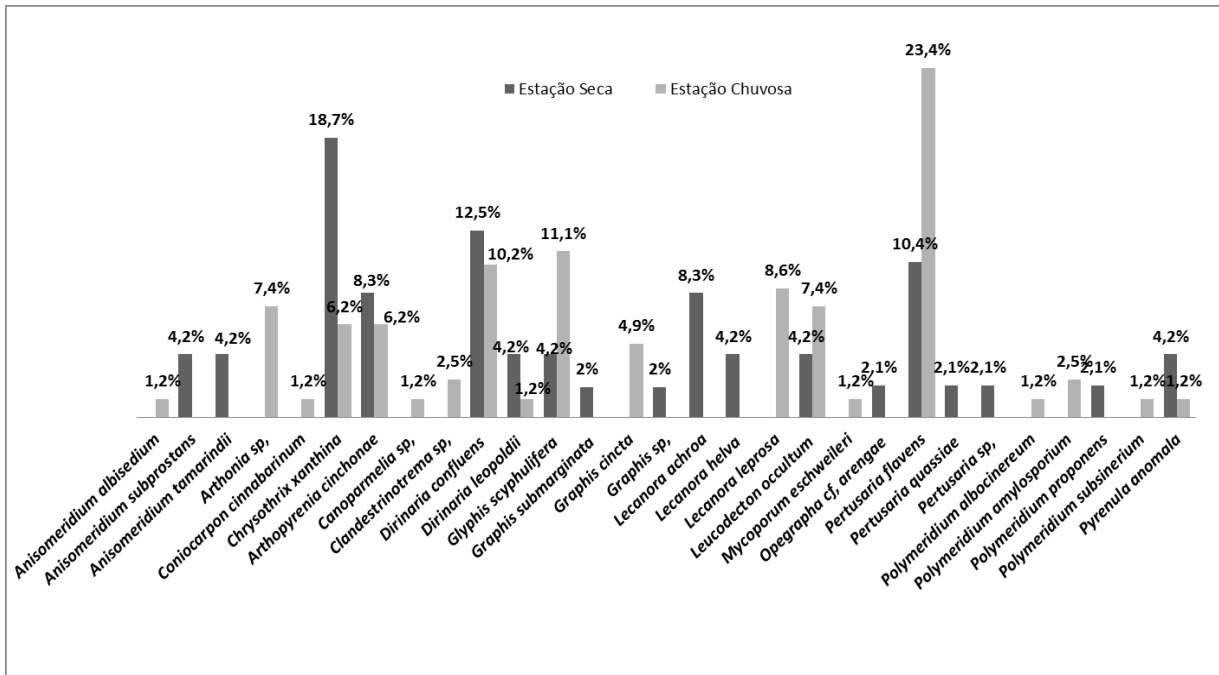
**Tabela 1** – Riqueza de líquens ingeridos por *Constrictotermes cyphergaster* em trilhas de forrageio no semiárido brasileiro, em período de seca (2012) e chuva (2013).

Família	Espécies	Ocorrência líquênica em trilhas de forrageio																			
		Ninhos/Estação Seca					Ninhos/Estação chuvosa														
		1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°										
Monoblastiaceae	<i>Anisomeridium albisedum</i> (Nyl.) RC Harris *																				x
	<i>Anisomeridium subprostans</i> (Nyl.) R.C. Harris **																				
	<i>Anisomeridium tamarindi</i> (Fée) R.C. Harris**	x																			
Arthoniaceae	<i>Arthonia</i> sp. Ach.*										x	x								x	x
	<i>Coniocarpon cinnabarinum</i> DC.*																				x
	<i>Chrysothrix xanthina</i> (Vainio) Kalb***	x	x			x	x	x	x	x											x
Arthopyreniaceae	<i>Arthopyrenia cinchonae</i> (Ach.) Müll. Arg.***										x	x								x	x
Parmeliaceae	<i>Canoparmelia</i> sp. Elix & Hale*																				x
	<i>Clandestinotrema</i> sp. Rivas Plata, Lücking & Lumbsch*																				x
Physciaceae	<i>Dirinaria confluens</i> (Fr.) D. D. Awasthi ***	x				x	x	x	x	x	x	x								x	x
	<i>Dirinaria leopoldii</i> (Stein) D.D. Awasthi***	x				x						x									
Graphidaceae	<i>Glyphis scyphulifera</i> (Ach.) Staiger***	x				x						x	x	x	x						x
	<i>Graphis submarginata</i> Lücking **																				x
	<i>Graphis cincta</i> (Pers.) Aptroot*												x	x							
	<i>Graphis</i> sp. Adans**																				x
Lecanoraceae	<i>Lecanora achroa</i> Nyl.**																				x
	<i>Lecanora helva</i> Stizenb**																				x
	<i>Lecanora leprosa</i> Fée*																				x
Thelotremataceae	<i>Leucodecton occultum</i> (Eschw.) Frisch***																				x
Mycoporaceae	<i>Mycoporum eschweiler</i> (Müll. Arg.) R.C. Harris*																				x
Roccellaceae	<i>Opegrapha</i> cf. <i>arengae</i> Vain.**																				x
Pertusariaceae	<i>Pertusaria flavens</i> Nyl.***																				x
	<i>Pertusaria quassiae</i> (Fée) Nyl.**																				x
	<i>Pertusaria</i> sp. DC.**																				x
Trypetheliaceae	<i>Polymeridium albocinereum</i> (Kremp.) R.C. Harris*																				x
	<i>Polymeridium amyloideum</i> R.C. Harris*																				x
	<i>Polymeridium proponens</i> (Nyl.) R.C. Harris**																				x
	<i>Polymeridium subcinereum</i> (Nyl.) R.C. Harris*																				x
Pyrenulaceae	<i>Pyrenula anomala</i> (Ach.) Vain.***																				x
Total 11	29 espécies - 17 gêneros	05	08	10	04	06	09	08	09	07	08										

\*Líquens ingeridos apenas na estação chuvosa (11); \*\*Líquens ingeridos apenas na estação seca (10); \*\*\* Líquens ingeridos em ambas as estações (8).

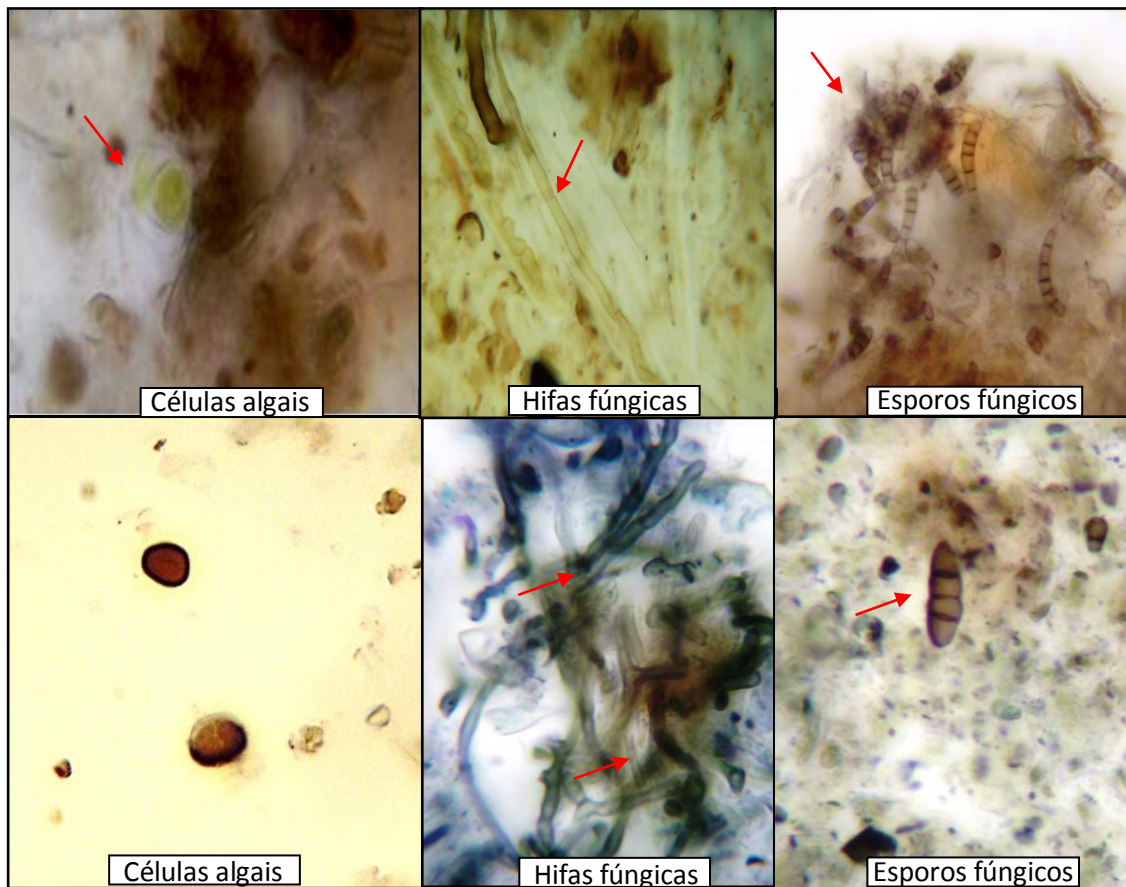


**Figura 1-** Similaridade da riqueza líquênica ingerida por *Constrictotermes cyphergaster* em período de seca (2012) e de chuva (2013), em região semiárida, Nordeste do Brasil.



**Figura 2-** Frequência relativa de líquens visitados e consumidos por *Constrictotermes cyphergaster* em trilhas de forrageio, período de seca (2012) e chuva (2013), em região semiárida, Brasil.

As análises de coloração do substrato sólido do papo dos operários de *C. cyphergaster* revelaram a presença de células de algas, diferentes esporos e hifas fúngicas (Fig. 3).



**Figura 3** – Estruturas liquênicas observadas no substrato sólido do papo dos operários de *Constrictotermes cyphergaster* ingeridas durante o consumo de líquens, em uma região semiárida, no nordeste do Brasil.

## DISCUSSÃO

As espécies liquênicas registradas neste estudo são de comum ocorrência em ambientes de caatinga (Caceres, 2007b; Menezes *et al.*, 2011; Rodrigues, 2012). Certamente, a riqueza liquênica ingerida por *C. cyphergaster* é maior do que a verificada nesse estudo, mas, a formação de trilhas de forrageio no dossel do suporte de seus ninhos e na vegetação adjacente impossibilitou o registro dos líquens consumidos nesses locais, limitando o conhecimento dos líquens ingeridos às porções mais baixas da vegetação.

O consumo de algumas espécies liquênicas em apenas uma única estação climática pode estar relacionado a estruturas fisicoquímicas do líquen. Embora esses organismos sejam resistentes a mudanças sazonais, suas atividades biológicas são alteradas nesses períodos para suportar o stress do meio, mudando a consistência do talo e alterando a produção de alguns

compostos secundários (Einhelling, 1996), o que pode ter tornado os líquens mais rígidos, e com ácidos mais ou menos concentrados, impróprios para o consumo, ocasionando uma seletividade sazonal dos cupins por algumas espécies liquênicas, justificando as diferentes riquezas ingeridas entre os períodos climáticos.

É provável que os líquens consumidos por *C. cyphergaster* apresentem características nutritivas que favoreçam a relação de custo benefício para esses organismos, seja como uma fonte extra de N, carboidrato ou proteínas, conforme discutiram Honda & Vilegas (1998), ou, até mesmo, beneficiando os cupins através de alguma atividade de seus compostos secundários. Segundo Falcão (2002), os ácidos liquênicos produzidos por muitos líquens podem atuar como antimicrobianos. É possível que esses ácidos em contato com o organismo dos cupins promova influência na comunidade simbiótica de seu intestino, podendo atuar como controlador dos organismos simbióticos associados. Os ácidos dos líquens também podem apresentar substâncias com potencial celulolítico que pode auxiliar na degradação da lignocelulose ingerida pelos cupins

As observações de forrageio e a presença de estruturas liquênicas no conteúdo do papo dos cupins demonstraram o consumo de líquens por *C. cyphergaster* supondo-se que a ingestão dos líquens por esses insetos represente uma fonte alimentar complementar a sua dieta lignocelulósica, e que a ingestão desse recurso possa estar relacionada com o potencial bioquímico de compostos secundários sintetizados por esses organismos.

## REFERÊNCIAS

- Araújo, K. D., Andrade, A. P., Raposo, R. W. C., Rosa, P. R.O. & Pazera Jr. E. (2005). Análise das condições meteorológicas de São João do Cariri no semiárido paraibano. *Revista do Departamento de Geociências*, **14**.
- Barbosa, M. R. V., Lima, I. B., Cunha, J. P., Agra, M. F. & Thomas, W. W. (2007). Vegetação e Flora no Cariri Paraibano. *Oecologia Brasiliensis*, **11**, 313-322.
- Cáceres, M.E.S., Lücking, R. & Rambold, G. (2007a). Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rainforest of northeastern Brazil. *Mycological Progress*, **6**, 117-136.
- Cáceres, M. E. S. (2007b.). *Corticolous crustose and microfoliose lichens of northeastern Brazil*. Libri Botanici, **22**.168 p.

- Chaves, L. H. G., Chaves, I. B. & Vasconcelos, A. C. F. (2000). Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na Bacia Escola do açude Namorados. Campina Grande: BNB/UFPB. *Boletim Técnico*. 54p.
- Collins, N.M. (1983). The utilization of nitrogen resources by termites (Isoptera). In: LEE, J.A.; MCNEILL, S.; RORISON, I.H. (eds.). *Nitrogen as an ecological factor*. Oxford University Press, Oxford.
- Collins, M.S. (1991). Physical factors affecting termite distribution. *Sociobiology* **19**, 283–286.
- Einhellig, F.A. (1996). Interaction involving allelopathy in crop systems. *Agronomy Journal*, **88**, 886-893.
- Falcão, E.P.S., Silva, N.H., Gusmão, N.B., Ribeiro, S.M., Honda, N.K., Pereira, E.C. (2002). Atividade antimicrobiana de Compostos Fenólicos do Líquen *Heterodermia leucomela* (L.) Poelt. *Acta Farmaceutica Bonarense*, **21**, 43-49.
- Hawksworth, D. L. (1988). The variety of fungal-algal symbioses, their evolutionary significance, and the nature of lichens. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **96**, 3-20.
- Honda, N. K. & Vilegas, W. (1998). A química dos líquens. *Química Nova*, **21**, 110 – 125.
- Lücking, R & Rivas-Plata, E. (2008). Clave y Guía Ilustrada Para Géneros de Graphidaceae. *Glalia*, **1**: 1-39
- Lücking, R., Sipman, H.J.M. & Umaña, L.T.(2009). Guia para géneros de líquenes tropicales. *Inbio. Ticolichen*: The Field Museum,
- Marbach, B. (2000). Corticole und lignicole Arten der Flechtengattung Buellia sensu lato in den Subtropen und Tropen. *Bibliotheca Lichenologica*, **74**, 1-384.
- Martius, C., Amelung, W. & Garcia, M.V.B. (2000). The amazonian forest termite (Isoptera: Termitidae) (*Constrictotermes cavifrons*) feeds on microepiphytes. *Sociobiology*, **35**, 379-383.
- Mathews, A. G. A. (1977). Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil. *Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro, 267 p.
- Menezes, A. A., Leite, A.B.X., Otsuka, A.Y., Jesus, L.S. & Cáceres, M.E.S. (2011). Novas ocorrências de líquens corticícolos crostosos e microfoliosos em vegetação de Caatinga no semi-árido de Alagoas. *Acta Botanica Brasilica*, **25**, 885-889.
- Miura, T.; Matsumoto. (1997). Diet and nest material of the processional termite *Hospitalitermes*, and cohabitation of Termes (Isoptera, Termitidae) on Borneo Island. *Insectes Sociaux*, **44**, 267 – 275.
- Miura, T.; Matsumoto, (1998). Foraging organization of the open-air processional lichen-feeding termite *Hospitalitermes* (Isoptera, Termitidae) in Borneo. *Insectes Sociaux*, **45**, 17 – 32.

- Moura, F.M.S., Vasconcellos, A., Araújo, V.F.P. & Bandeira, A.G. (2006 a). Feeding Habit of *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae) in an Area of Caatinga, Northeast Brazil. *Sociobiology*, **48**, 1-6.
- Moura, F.M.S., Vasconcellos, A., Araújo, V.F.P. & Bandeira, A.G. (2006 b). Seasonality in foraging behaviour of *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae) in the Caatinga of northeastern Brazil. *Insectes Sociaux*, **53**, 472-479.
- Nash, T.H. (2008). *Lichen Biology*. 2<sup>o</sup> ed. Cambridge: University Press.
- Rodrigues, L. C. (2012). Novas ocorrências de líquens corticícolas crostosos e microfoliosos em vegetação de Caatinga no semi-árido de Alagoas. Dissertação de Mestrado. *Universidade Federal de Sergipe*. São Cristóvão, SE. 80p.
- Sharnoff S. (2013). *Lichens and invertebrates: a brief review and bibliography*. Lichens of North America. 1998. Disponível em: <http://www.lichen.com/index.html>. Acesso em 15 de julho de 2013.
- Sipman, H. J. M. & Aptroot, A. (2001). Where are the missing lichens? *Mycological Research*, **105**, 1433-1439.
- Torales, G. J., Laffont, E. R., Godoy, M. C., Coronel, J. M., Arbino, M. O. (2005). Update on taxonomy and distribution of Isoptera from Argentina. *Sociobiology*, **45**, 853-886.
- Wood, T. G. (1977). The effects of clearing and grazing on the termite fauna (Isoptera) of tropical savanas and Woodlands. In: VANEK, J. (ed.) **Progress in soil Zoology**. Prague, Academia. P. 409-418.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa – PRPGP**  
**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação - PPGEC**

**Manuscrito a ser submetido a Sociobiology**

**Substâncias liquênicas no conteúdo alimentar do térmita neotropical *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Termitinae)**

Ana Márcia Barbosa-Silva<sup>1</sup>; Hayanne Araújo da Costa<sup>2</sup>; Eugênia Cristina Gonçalves Pereira<sup>3</sup>;  
Maria de Lourdes Lacerda Buriel<sup>3</sup>; Maria Avany Bezerra-Gusmão<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação. Universidade Estadual da Paraíba. Rua das Baraúnas, 351, Complexo Três Marias, Sala 06, Departamento de Biologia, Campus I, Bairro Universitário, Campina Grande – PB, CEP: 58.429-500, E-mail: ppgec@uepb.edu.br

<sup>2</sup>Laboratório de Entomologia. Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, CEP 58109-790, Campina Grande, PB.

<sup>3</sup>Laboratório de Produtos Naturais/ Departamento de Bioquímica. Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego, 1235. Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Bioquímica e Biofísica. Cidade Universitária. CEP: 50670-901 - Recife, PE.

**Substâncias liquênicas no conteúdo alimentar do térmita neotropical *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Termitinae)**

Ana Márcia Barbosa-Silva<sup>1</sup>; Hayanne Araújo da Costa<sup>2</sup>; Eugênia Cristina Gonçalves Pereira<sup>3</sup>; Maria de Lourdes Lacerda Buriel<sup>3</sup>; Maria Avany Bezerra-Gusmão<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação. Universidade Estadual da Paraíba.

<sup>2</sup>Laboratório de Entomologia. Dpto. de Biologia. Universidade Estadual da Paraíba.

<sup>3</sup>Laboratório de Produtos Naturais/ Dpto. de Bioquímica. Universidade Federal de Pernambuco.

**RESUMO:** O estudo avaliou os ácidos produzidos pelos líquens consumidos por *Constrictotermes cyphergaster* e sua presença no conteúdo alimentar em uma região do semiárido brasileiro. Monitorou-se as trilhas de forrageio dos cupins a partir de cinco ninhos, no intervalo das 18 as 06h, durante dez dias consecutivos em períodos de seca e chuva. Operários observados raspando líquens foram coletados para análise do conteúdo alimentar. Os líquens explorados também foram coletados, e juntamente com o substrato sólido do papo foram submetidos à análise de cromatografia em camada delgada (CCD). Identificaram-se 29 espécies liquênicas associadas à alimentação dos cupins. As análises de CCD revelaram os ácidos atranorina, ácido úsnico, ácido divaricático, ácido norstictico, parietina, stictico, tamnolico e didímico no conteúdo alimentar do papo dos cupins. Por ser esses ácidos possuidores de atividades antimicrobianas, hipotetiza-se que no conteúdo alimentar desses insetos, eles podem atuar como controladores populacionais de micobiontes associados ao intestino dos cupins, além de poder apresentar potencial de hidrólise lignocelulósica. É possível que essas propriedades bioativas dos ácidos liquênicos seja atrativo para exploração desse recurso pelos cupins.

**PALAVRAS CHAVE** – Ácidos liquênicos; Ecologia trófica; Lignocelulose



## INTRODUÇÃO

Os líquens são uma associação estável e auto-sustentável entre fungos (micobiontes) e algas fotoautotróficas, e ou cianobactérias (fotobiontes) (Nash, 2008). Representam uma importante parcela da diversidade biológica de nosso planeta e são produtores de cerca de 1050 compostos secundários, os quais na sua maioria são derivados de ácidos fenólicos (Stocker-Worgotter, 2008; Tigre & Rodrigues, 2012). As concentrações desses compostos são variáveis nos talos, principalmente em tecidos de diferentes idades. Normalmente estão presentes em torno de 1 a 5% do peso seco do talo, podendo chegar até 20%, devendo ter um papel importante na ecologia e na proteção dos líquens contra fatores bióticos, como herbivoria e competição (Huneck, 1973; Slansky, 1979; Fahselt, 1996; Honda & Vilegas, 1998.).

Mesmo sendo considerados de baixa palatabilidade, os líquens fazem parte da cadeia alimentar de muitos invertebrados, os quais tem sido bem sucedidos na corrida armamentista com esses organismos (Gerson & Seaward 1977; Richardson & Young, 1977.). Em alguns casos, invertebrados desenvolveram mecanismos para utilização dos ácidos liquênicos que lhes poderiam ser maléficis em seu próprio benefício. Alguns caracois sequestram compostos liquênicos em seus tecidos, e passam para sua prole, e assim, possivelmente, obtêm proteção contra predadores (Gerson, 1973).

Muitas espécies liquênicas produzem também substâncias com algum grau de atividade antimicrobiana, geralmente ativas contra bactérias Gram positivas e negativas e ácido-álcool-resistentes (Silva et al, 1986; Falcão, 2004). No Nordeste do Brasil são também encontrados líquens cujos metabólitos são eficientes contra neoplasias, inflamações e com ação analgésica e hipoglicemiante (Pereira, 1998). Outros estudos sugerem que algumas substâncias liquênicas podem atuar na degradação de polímeros celulósicos para fixação do talo liquênico em substratos vegetais (Estevez & Orus, 1981; Kitaura, 2008). As propriedades bioativas desses compostos podem ter papel significativo na dieta dos organismos que os consomem, mas estudos nessa perspectiva são praticamente inexistentes.

Os cupins geralmente apresentam uma dieta bastante diversificada em materiais lignocelulósicos, e espécies do gêneros *Hospitalitermes* e *Constrictotermes* inseriram os líquens em sua alimentação (Miura & Matsumoto, 1997, 1998; Mathews, 1977). Recentemente Babosa-Silva et al. (dados não publicados) observaram o consumo de líquens também para *C. cyphergaster*, registrando um total de 29 espécies liquênicas consumidas

entre os períodos climáticos de seca e de chuva, não se conhecendo ainda os ácidos nem o potencial bioquímico das espécies exploradas por esse cupim.

*Constrictotermes cyphergaster* (Silvestri, 1901), pertencente à família Termitidae (Nasutitermitinae), tem distribuição no Brasil, ocorrendo em áreas de caatinga e cerrado, com registros na Argentina, Bolívia e Paraguai (Mathews, 1977; Torales et al, 2005). Na Caatinga esse cupim é dominante, sendo considerado o principal construtor de ninhos conspícuos, com uma densidade média de 59 ninhos/ha (Mélo & Bandeira, 2004). Suas atividades de forrageio ocorrem durante a noite em trilhas expostas e sua alimentação inclui, além de líquens, troncos e galhos de árvores em diferentes estágios de decomposição e superfícies de troncos de árvores vivas (Moura & Vasconcellos, 2006; Barbosa-Silva et al., dados não publicados). Esses recursos são ricos em lignina e em carboidratos, especialmente celulose, mas pobres em vitaminas, proteínas e outras formas de nitrogênio orgânico (Moore, 1969).

A lignocelulose, principal componente da alimentação dos cupins, é altamente resistente a ações mecânicas e enzimáticas e a degradação biológica desses compostos requer a intervenção de várias enzimas hidrolisadoras (Medeiros, 2004). Geralmente os cupins apresentam um déficit enzimático, e apesar de produzirem suas próprias celulasas necessitam de enzimas exógenas, sintetizadas por simbiontes intestinais (protozoários, bactérias e fungos), que são os principais responsáveis pela degradação desses compostos e fornecimento de energia para esses insetos (Lima & Costa-Leonardo, 2007; Correia et al, 2008; Eggleton, 2011).

Conhecendo o déficit enzimático dos cupins e os indícios de que os líquens produzem substâncias com potencial para hidrólise celulolítica, este estudo teve como objetivo identificar os compostos secundários produzidos pelos líquens ingeridos por *C. cyphergaster*.

## **METODOLOGIA**

### ***Área de Estudo***

Os líquens consumidos por *C. cyphergaster* foram coletados na Estação Experimental de São João do Cariri (EESJC), pertencente à Universidade Federal da Paraíba (UFPB). A EESJC possui uma área de 381 ha e se localiza numa das regiões mais secas do Brasil, o Cariri, com altitudes entre 400 a 700 m, e média anual de precipitação, umidade e temperatura máxima de 400 mm, 70 % e 28.5 a 35 °C, respectivamente (Araujo et al, 2005). O clima da região é quente e seco, com distribuição irregular em curtos períodos das chuva (janeiro a abril) e estação de seca prolongada (maio a dezembro).

### ***Procedimentos de coleta e amostragem***

Foram selecionados cinco ninhos de *C. cyphergaster* para monitoramento das atividades de forrageio nas estações de seca (2012) e de chuva (2013). Os mesmos ninhos foram monitorados durante dez dias consecutivos, em cada período climático, no intervalo das 18:00 as 06:00h. Os operários que visitaram e raspam os líquens durante o forrageio foram coletados e armazenados em acetona para análise do seu conteúdo estomacal. Os líquens consumidos foram coletados e identificados de acordo com a metodologia padrão, analisando-se detalhadamente estruturas morfológicas de valor taxonômico, como: forma e superfície do talo, presença, tipo e formas de estruturas reprodutivas (ascomas, sorédios e isídios), tipos de peritécios (agrupados ou solitários) e coloração. Foram feitos cortes transversais nos talos com auxílio de lâminas de aço. O material cortado foi depositado em laminais contendo uma gota de água destilada, as quais foram observadas em microscópio óptico e tratadas com Iodo e/ou hidróxido de potássio. Todo processo de identificação foi realizado com auxílio de literatura especializada: Cáceres (2007), Lücking et al (2009), Lücking & Rivas-Plata (2008), Marbach (2000).

### ***Análise das substâncias liquênicas***

Para avaliar a presença de substâncias liquênicas no conteúdo alimentar de *C. cyphergaster* cerca de 100 operários de cada população monitorada, coletados durante o forrageio sobre os líquens foram dissecados, retirando-se desses o tubo digestório.

As amostras obtidas do conteúdo alimentar e o material liquênico coletado (5 g) foram submetidos a extração de extratos orgânicos utilizando a acetona a frio como solvente. As amostras foram submetidas a cromatografia em camada delgada (CCD), em placas de sílica Gel F<sub>254+366</sub>Merck. As placas foram desenvolvidas no sistema de solventes A (tolueno/ dioxano/ ácido acético, 180: 45: 5, v/v/v), conforme Culberson (1972). Após evaporação dos solventes as placas foram reveladas sob luz UV curta e longa, sendo posteriormente pulverizadas com ácido sulfúrico a 20%, e aquecidas em chapa quente a 50°C até visualização das bandas.

A identificação das substâncias diagnosticadas foi verificada através do R<sub>f</sub> (relação de frente) e da coloração das bandas reveladas, as quais foram comparadas aos padrões (Atranorina; ácido divaricático; ácido úsnico; ácido norstictico; parietina; Stictico; e tamnolico didímico).

### *Análise dos dados*

Para avaliar diferenças sazonais na produção de ácidos sintetizados pelos líquens ingeridos por *C. cyphergaster* entre as estações foi realizado uma Análise de variância (ANOVA), através do programa estatístico BioEstat 5.3.

## **RESULTADOS**

As análises de CCD revelaram oito compostos secundários sintetizados a partir das 29 espécies de líquens consumidas por *C. cyphergaster* (Tab. 1). Não se observou diferenças sazonais significativas na produção de ácidos ( $P=0.99$ ;  $F=0.20$ ) por essas espécies. Mas, *Chrisotrix xantina*, *Dirinaria confluens*, *D. leopoldii*, *Leucodecton occultum*, *Pertusaria flavens* e *Pirenula anomala*, ingeridas por *C. cyphergaster* em ambos os períodos climáticos, diferiram sazonalmente quanto aos seus compostos sintetizados (Tab. 1).

Na estação seca o ácido norstictico (Rf. 0.42) foi identificado nos extratos de *Graphis submarginata*, *Graphis* sp., *Lecanora achroa*, *L. helva* e *L. occultum*. O ácido divaricático (Rf. 0.42) foi detectado em *D. confluens*. Enquanto que Atranorina (Rf. 0.53 e 0.82) e ácido úsnico (Rf. 0.82) foram identificados em *Pyrenula anomala* (Fig. 1; Tab. 1).

Na estação chuvosa, o ácido stictico (Rf. 0.51; 0.62) foi encontrado em *Canoparmelia* sp., *L. leprosa* e *L. occultum*. Essas duas últimas, juntamente com *P. flavens* também apresentaram o ácido didímico (Rf. 0.84). Atranorina (Rf. 0.79) e ácido divaricático (Rf. 0.84) foram detectados em *D. confluens* e *D. leopoldii*. O ácido parietina (Rf. 0.85) foi observado em *Polymeridium amyloideum* (Fig. 2; Tab. 1).

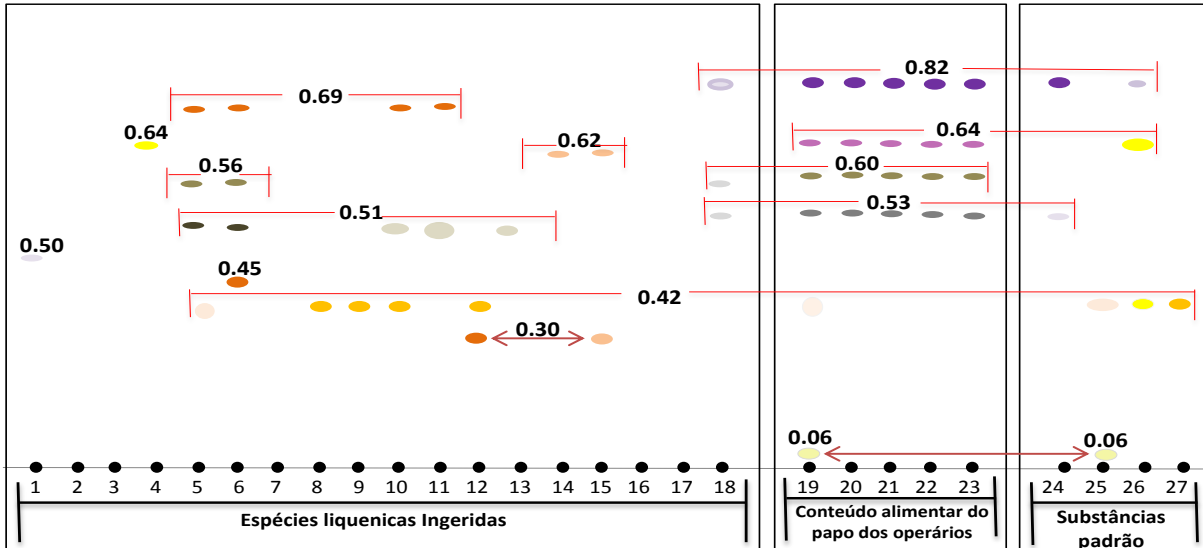
As análises de CCD revelaram algumas substâncias nos líquens (Rfs. Seca – 0.30; 0.45; 0.50; 0.51; 0.56; 0.60; 0.69 e Rfs. Chuva – 0.6; 0.13; 0.26; 0.40; 0.64; 0.89; 0.91) que não puderam ser identificadas por não coincidirem com nenhum dos padrões aplicados como referência nos testes cromatográficos.

O padrão de bandas revelado em CCD para o conteúdo do papo dos cupins apresentou cores diferentes das verificadas nos ácidos padrões, mas exibiram semelhança dos Rfs e, possivelmente, as substâncias detectadas no papo dos cupins foram: atranorina (Rf. 0.53), ácido úsnico (0.42; 0.64); norstictico (0.42) e divaricático (0.06 e 0.42) em período de seca (Fig. 1), enquanto, os ácidos atranorina (0.79), úsnico (0.79), parietina (0.62); estictico (0.84), tamnolico e didímico (0.84 e 0.62) foram vistos no período de chuva (Fig.2).

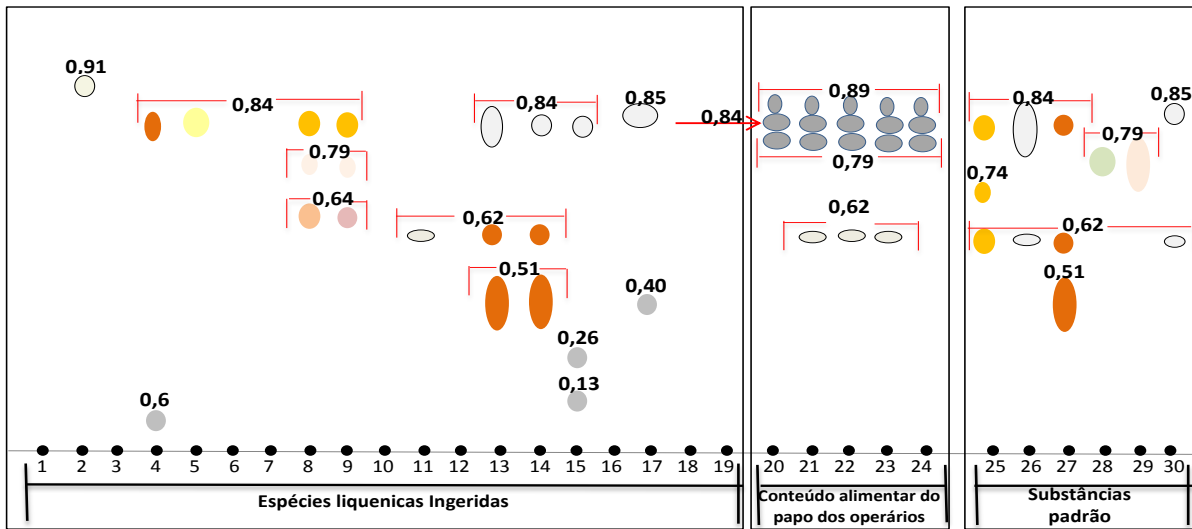
**Tabela 1** – Riqueza liquênica associada à alimentação de *Cosntrictotermes cyphergaster* e ácidos orgânicos identificados nos líquens ingeridos em período de seca (2012) e de chuva (2013) numa região semiárida, NE do Brasil

Líquens	Substâncias orgânicas por período climático	
	Seca	Chuva
<i>Anisomeridium albisedum</i> (Nyl.) RC Harris**	Não ingerida	Não detectado
<i>Anisomeridium subprostans</i> (Nyl.) R.C. Harris*	Não identificado	Não ingerida
<i>Anisomeridium tamarindi</i> (Fée) R.C. Harris*	Não detectado	Não ingerida
<i>Arthonia</i> sp. Ach.**	Não ingerida	Não identificado
<i>Arthopyrenia cinchonae</i> (Ach.) Müll. Arg.***	Não detectado	Não detectado
<i>Canoparmelia</i> sp. Elix & Hale**	Não ingerida	Ácido Estíctico
<i>Chrysothrix xanthina</i> (Vainio) Kalb***	Não identificado	Não identificado
<i>Clandestinotrema</i> sp. Rivas Plata, Lücking & Lumbsch**	Não ingerida	Não detectado
<i>Coniocarpon cinnabarinum</i> DC.**	Não ingerida	Não detectado
<i>Dirinaria confluens</i> (Fr.) D. D. Awasthi***	Divaricático	Atranorina; Divaricático
<i>Dirinaria leopoldii</i> (Stein) D.D. Awasthi***	Não identificado	Atranorina; Divaricático
<i>Glyphis scyphulifera</i> (Ach.) Staiger***	Não detectado	Não detectado
<i>Graphis cincta</i> (Pers.) Aptroot **	Não ingerida	Não identificado
<i>Graphis submarginata</i> Lücking*	Norstíctico	Não ingerida
<i>Graphis</i> sp. Adans*	Norstíctico	Não ingerida
<i>Mycoporum eschweiler</i> (Müll. Arg.) R.C. Harris**	Não ingerida	Não detectado
<i>Lecanora achroa</i> Nyl.*	Norstíctico	Não ingerida
<i>Lecanora helva</i> Stizenb.*	Norstíctico	Não ingerida
<i>Lecanora leprosa</i> Fée**	Não ingerida	Estíctico; Tamnólico; Didímico
<i>Leucodecton occultum</i> (Eschw.) Frisch***	Norstíctico	Estíctico; Didímico
<i>Opegrapha</i> cf. <i>arengae</i> Vain.*	Não detectado	Não ingerida
<i>Pertusaria flavens</i> Nyl.***	Não identificado	Didímico
<i>Pertusaria quassiae</i> (Fée) Nyl.*	Não detectado	Não ingerida
<i>Pertusaria</i> sp. DC.*	Não identificado	Não ingerida
<i>Polymeridium albocinereum</i> (Kremp.) R.C. Harris**	Não ingerida	Não detectado
<i>Polymeridium amyloideum</i> R.C. Harris **	Não ingerida	Parietina
<i>Polymeridium proponens</i> (Nyl.) R.C. Harris*	Não detectado	Não ingerida
<i>Polymeridium subcinereum</i> (Nyl.) R.C. Harris**	Não ingerida	Não detectado
<i>Pyrenula anomala</i> (Ach.) Vain.***	Úsnico; Atranorina	Não detectado

\*Ingeridos apenas no período de seca; \*\*Ingeridos apenas no período de chuva; \*\*\*Ingeridos em ambas as estações climáticas.



**Figura 1** – Cromatografia em camada delgada dos extratos orgânicos de líquens ingeridos por *Constrictotermes cyphergaster* e conteúdo alimentar do papo de operários durante o forrageio em período de seca (2012) em uma região semiárida do Brasil. **Identificação cromatográfica:** 1 ao 18: Líquens. 1- *Anisomeridium subprostans*; 2- *A. tamarindi*; 3- *Arthopyrenia cinchonae*; 4- *Chrysotrix xanthina*; 5- *Dirinaria confluens*; 6- *D. leopoldii*; 7- *Glyphis scyphulifera*; 8- *Graphis submarginata*; 9- *Graphis* sp.; 10- *Lecanora achroa*; 11- *L. helva*; 12- *Leucodecton occultum*; 13- *Opegrapha* cf. *arengae*; 14- *Pertusaria flavens*; 15- *P. quassiae*; 16- *Pertusaria* sp.; 17- *Polymeridium proponens*; 18- *Pyrenula anomala*. 19 a 23: conteúdo alimentar do papo de operários que ingeriram líquens. 19- População do ninho 1; 20 – População do ninho 2; 21- População do ninho 3; 22- População do ninho 4; 23- População do ninho 5. 24 a 27: padrões. 24- Atranorina; 25- Ácido divaricático; 26- Ácido úsnico; 27- Ácido Norstictico.



**Figura 2** – Cromatografia em camada delgada dos extratos orgânicos de líquens ingeridos por *Constrictotermes cyphergaster* e conteúdo alimentar do papo de operários durante o forrageio em período de chuva (2013), em uma região semiárida do nordeste do Brasil. **Identificação cromatográfica:** 1 ao 19: Líquens: 1-*Anisomeridium albisedum*; 2- *Arthonia* sp; 3- *Arthopyrenia cinchonae*; 4- *Canoparmelia* sp.; 5- *Chrysotrix xanthina*; 6- *Clandestinotrema* sp.; 7- *Coniocarpon cinnabarinum*; 8- *Dirinaria confluens*; 9- *Dirinaria leopoldii*; 10- *Glyphis scyphulifera*; 11- *Graphis cincta*; 12- *Mycoporum eschweileri*; 13- *Lecanora leprosa*; 14- *Leucodecton occultum*; 15- *Pertusaria flavens*; 16- *Polymeridium albocinereum*; 17- *Polymeridium amyloideum*; 18- *Polymeridium subcinereum*; 19- *Pyrenula anomala*. 20 a 24: conteúdo alimentar dos operários que ingeriram líquens. 20- População do ninho 1; 21 – População do ninho 2; 22- População do ninho 3; 23- População do ninho 4; 24- População do ninho 5. 25 ao 30: padrões. 25- Ácido divaricático; 26- ácido tamnólico e didímico; 27- Ácido stictico; 28- Ácido úsnico; 29 – Atranorina; 30 – Parietina.

## DISCUSSÃO

Os ácidos liquênicos identificados no estudo são reconhecidos pelo seu potencial antimicrobiano (Turgay et al, 2004; Pereira et al, 2008; Ranković et al, 2008). Sua ocorrência no conteúdo alimentar de *C. cyphergaster* corrobora Barbosa-Silva et al. (dados não publicados), quando sugeriram que os líquens ingeridos pelos cupins podem produzir compostos com esse potencial. O registro desses ácidos também sugere que esses compostos tenham atuação sobre os simbiossitos associados ao intestino dos cupins, podendo agir como controladores populacionais das bactérias associadas, evitando a proliferação exagerada desses microorganismos, o que poderia ser maléfico para esses insetos.

É possível ainda que os ácidos aqui registrados possam auxiliar na hidrólise dos componentes lignocelulósicos da alimentação dos cupins, favorecendo a absorção de componentes essenciais à sua nutrição. Estevez e Orus (1981) propuseram que os fungos liquenizados transportam algumas substâncias liquênicas ( $\beta$ -1-4 glucanásicas) até o tecido condutor dos substratos vegetais, onde estão fixados, capazes de degradar pelo menos um dos principais polímeros da parede celular. Mas, até o momento, não se conhece estudos que tenham avaliado o potencial lignocelulósico dos ácidos observados nos líquens ingeridos por *C. cyphergaster*, necessitando de pesquisas que avaliem essas possibilidades.

As diferenças sazonais observadas quanto à produção de tipos de ácidos por alguns líquens pode ser atribuída a fatores relacionados ao estresse abiótico ocorrido entre os períodos climáticos, como diferentes temperaturas, intensidade luminosa e disponibilidade de água, elementos que podem modificar diretamente as atividades biológicas dos líquens e interferir na síntese de ácidos liquênicos (Einhelling, 1996). Essas diferenças podem ser a causa de alguns líquens só terem sido ingeridos em um único período climático, implicando que o consumo desses organismos pelos cupins pode estar relacionado com propriedades quali-quantitativas dos ácidos liquênicos sintetizados.

O registro dos ácidos stictico, didimico, taminólico e parietina apenas na estação chuvosa e do ácido norstictico somente no período de seca não foi considerado como uma influência da sazonalidade na síntese desses compostos. Possivelmente, esses dados estão relacionados ao fato de que os líquens comumente produtores dessas substâncias só foram ingeridos por *C. Cyphergaster* em uma única estação, limitando a ocorrência desses ácidos no tubo digestório do cupins a um único período climático.

Em conclusão, a ingestão de ácidos orgânicos produzidos pelos líquens consumidos por *C. cyphergaster* pode beneficiar a digestão desses cupins quanto aos substratos lignocelulósicos absorvidos durante atividades de forrageio. Isso é possível devido ações

bioativas, antimicrobianas e celulolíticas dos ácidos liquênicos, fazendo-se necessários estudos posteriores que avaliem essas possibilidades.

## REFERENCIAS

Araújo, K. D. Andrade, A. P.; Raposo, R. W. C.; Rosa, P. R.O.; Pazera Jr. E. (2005) Análise das condições meteorológicas de São João do Cariri no semiárido paraibano. **Revista do Departamento de Geociências**, v.14 (1).

Cáceres, M. E. S. (2007). **Corticolous crustose and microfoliose lichens of northeastern Brazil**. Libri Botanici.168 p.

Correia, M.E.F.; Aguiar Menezes, E. L.; Aquino, A. M. (2008). Associações entre térmitas e microorganismos. **Embrapa Agrobiologia**. Documentos/Embrapa Agrobiologia, ISSN 1517-8498; 254. Seropédica – RJ.

Cullberson, C.F. (1972). Improved conditions and new data for the identification of lichen products by a standardized thinlayer-chromatographic method. **Journal of Chromatography**, v.72. p.113-125.

Einhellig, F.A. (1996). Interaction involving allelopathy in crop systems. **Agronomy Journal**, v. 88, p.886-893.

Estevez, M.P.; Orus, M.I. (1981). Localización de  $\beta$ -1-4 glucanasa de *Evernia prunastri*. **IV Reunión de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal**. Salamanca.

Fahselt, D. (1996). Individuals, populations and population ecology. In: NASH, T.H. (ed.). **Lichen biology**. Cambridge University Press, Great Britain, p. 181-198.

Falcão, E.P.S.; Silva, N.H.; Gusmão, N.B.; Ribeiro, S.M.; Pereira, E.P. (2004). Atividade antimicrobiana de derivados fenólicos do líquen *Ramalina soredivosa* (B. de Lesd.) Laundron. **Acta botanica brasílica**, v.18, p. 911-918.

Gerson, U. (1973). Lichen-arthropod associations. **Lichenologist**, v.5, p.434-443.

Gerson, U. Seaward, M.R.D. (1977). Lichen-invertebrate associations. In: SEAWARD M.R.D. (ed) **Lichen ecology**. Academic Press, London.

Honda, N. K.; Vilegas, W. (1998). A química dos líquens. **Química Nova**, v.21, p. 110 – 125.

Huneck, S. (1973). Nature of Lichens Substances. In: AHMAJADAJIN, V.; HALE, M.E. **The Lichens**. London, Academic Press.



- Kitaura, M.J. (2008). Estudo anatômico da relação líquen × substrato em mangues de Itanhaém (SP). **Dissertação de mestrado**. 100P. Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP – Botucatu/SP.
- Kogiso, K. A.; Gusmão, M. A. B.; Garcia, H. E. M. (2007). Macro and microscopic gut conten analysis of the *Inquilinitermes Fur* (Isoptera, Termitidae) In the Paraíba Caatinga. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Microscopia e Microanálise (CSBMM) 2007. **Anais....** Rio de Janeiro.
- Lima, J.T.; Costa-Leonardo, A.M. (2007). Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotropica**, v.7, (2), p. 243-250.
- Lücking, R; Rivas-Plata, E. (2008). Clave y Guía Ilustrada Para Géneros de Graphidaceae. **Glalia**, v. 1, p. 1-39.
- Lücking, R; Sipman, H.J.M; Umaña, L.T. (2009). Guia para géneros de líquenes tropicales. **Inbio. Ticolichen**: The Field Museum.
- Marbach, B. (2000). Corticole und lignicole Arten der Flechtengattung *Buellia* sensu lato in den Subtropen und Tropen. **Bibliotheca Lichenologica**, v.74, p.1-384.
- Mathews, A. G. A. (1977). Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil. **Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, 267 p.
- Medeiros, M. B. (2004). Metabolismo da celulose em Isoptera. **Biotecnologia, Ciência e desenvolvimento**, v.7, n.33, p. 76-81.
- Mélo, A.C.S.; Bandeira, A.G. (2004). A qualitative and quantitative survey of termites (Isoptera) in an open shrubby caatinga in northeast Brazil. **Sociobiology**, v.44, p.707-716.
- Miura, T.; Matsumoto. (1977). Diet and nest material of the processional termite *Hospitalitermes*, and cohabitation of *Termes* (Isoptera, Termitidae) on Borneo Island. **Insectes Sociaux**, v.44, p. 267 – 275.
- Miura, T.; Matsumoto, (1998). Foraging organization of the open-air processional lichen-feeding termite *Hospitalitermes* (Isoptera, Termitidae) in Borneo. **Insectes Sociaux**, v.45, p.17 – 32.
- Moura, F.M.S.; Vasconcellos A.; Araújo, V.F.P.; Bandeira, A.G. (2006). Feeding Habit of *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae) in an Area of Caatinga, Northeast Brazil. **Sociobiology**, v.48, p. 1-6.
- Moore, B.P. (1969). Biochemical studies in termites. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. (eds.). **Biology of termites**. Academic Press, New York, vol. I. Pp. 407-432

Nash, T.H. (2008). **Lichen Biology**. 2° ed. Cambridge: University Press.

Pereira, E.C. (1998). **Lichens from Brazilian Northeast (NE) - studies and applications, en: Lichenology in Latin America**. In: Marcelli, M. P.; Seaward, M. R. D. (eds). Grupo Latino Americano de Liquenólogos (GLAL). International Association for Lichenology (IAL)/CNPq/CETESB. Brasil, págs. 65-70.

Ranković B, Misić M, Sukdolak S. (2008). The antimicrobial activity of substances derived from the lichens *Physcia aipolia*, *Umbilicaria polyphylla*, *Parmelia caperata* and *Hypogymniaphysodes*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.24, p.1239-1242.

Richardson D.H.S.; Young, C.M. (1977). Lichens and vertebrates. In: SEAWARD MRD (ed). **Lichen ecology**. Academic Press, London, p. 121–144.

Silva, J.O.; Leite, J.E.M.; Paulo, M.Q.; Xavier-Filho, L. (1986). Atividade antimicrobiana de liquens brasileiros. **Boletim da Sociedade Broteriana**, v.59, p.87-96.

Slansky, J.R.F. (1979). Effect of the lichen chemical atranorin and vulpinic acid upon feeding and growth of larvae of the yellowstriped armyworm *Spodoptera ornithogalli*. **Environmental Entomology**, v. 8, p.865–868.

Stocker-Wörgötter E. (2008). Metabolic diversity of lichen-forming ascomycetous fungi: culturing, polyketide and shikimate metabolite production, and PKS genes. **Natural Product Reports**, v. 25, p.188–200.

Tigre, R.C.; Rodrigues, B.R.M. (2012). Potencial alelopático das substâncias liquênicas. In: PEREIRA... [et al.] organizadores. **A Liquenologia Brasileira no início do Século XXI**. 2012; Camaragibe, PE: CCS Gráfica e Editora, 252 p.

Torales, G. J.; Laffont, E. R.; Godoy, M. C.; Coronel, J. M.; Arbino, M. O. (2005). Update on taxonomy and distribution of Isoptera from Argentina. **Sociobiology**, v.45, p. 853-886.

Turgay, T.; Ozdemir, T.A.; Meral, Y.; Hayrettin, T.; Meri, K. (2004). Evaluation of the antimicrobial activity of the acetone extract of the lichen and its (+)-usnic acid, norstictic acid, and protocetraric acid constituents. *Zeitschrift fuer Naturforschung, C: Journal of Biosciences*, v. 59, p.384-388.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ingestão dos líquens por *C. cyphergaster* deve representar uma fonte alimentar complementar na dieta desses insetos e isso pode estar relacionado com o potencial bioquímico de compostos secundários sintetizados por esses organismos.

A riqueza liquenica explorada pelos cupins difere sazonalmente, e essas diferenças podem estar associadas com características físico-químicas dos líquens ingeridos.

Os líquens explorados pelos cupins são produtores de ácidos com potencial antimicrobiano, e possível atuação na degradação da celulose, sendo provável que essas substâncias tenham atuação na fisiologia alimentar dos cupins que os consomem.

## REFERÊNCIAS

- BIGNELL, D.E.; EGGLETON, P. Termites in ecosystems. In: ABE, T.; BIGNELL, D.E.; HIGASHI, M. (eds.). **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 2000. p. 363 – 388.
- BIGNELL, D. E. **Biology of Termites: a Modern Synthesis**. Springer. 2011. 576p.
- CLEVELAND, L.; HALL, S.R.; SANDERS, E.P.; COLLIER, J. The wood-feeding roach *Cryptocercus*, its Protozoa, and the symbiosis between Protozoa and roach. **Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences**, v.17, p. 185-342. 1934.
- COLLINS, N.M. The utilization of nitrogen resources by termites (Isoptera). In: LEE, J.A.; MCNEILL, S.; RORISON, I.H. (eds.). **Nitrogen as an ecological factor**. Oxford University Press, Oxford, 1983.
- EDWARDS, R.; A. E. MILL. Termites in buildings: their biology and control. **Rentokil Limited**: England, 1986. 261p.
- EGGLETON, P. Global patterns of termite diversity. In: ABE, T.; BIGNELL, D.E.; HIGASHI, M. (eds) **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 2000.
- EMERSON, A. E. Evolution of interspecies integration and ecosystem. In: ALLEE, W. C. et al. (orgs.). **Principles of Animal Ecology**. p 312-335. Filadélfia: W. B. Saunders, 1949.
- FONTES, L.R. Sistemática geral de cupins. In: BERTI FILHO, E.; FONTES, L. R. (Eds.). **Alguns Aspectos Atuais da Biologia e Controle de Cupins**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.11-18.
- GAUSLAA, Y. Lichen palatability depends on investments in herbivore defence. **Oecologia**, v. 143: 94–105. 2005
- GERSON, U.; SEAWARD, M.R.D. Lichen-invertebrate associations. In: SEAWARD, M.R.D. (ed). **Lichen ecology**. Academic Press, London, pp 69–119. 1977.
- HAWKSWORTH, D.L.; HILL, D.J. **The lichen forming fungi**. New York: Blackie e Son Limited, 1995. 158 p.
- HOLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The superorganism: the beauty, elegance, and strangeness of insect societies**. New York: W. W. Norton, 2009. 522 p.
- HOLT, J. A.; LEPAGE, M. Termites and Soil Properties. In: ABE, T.; BIGNELL, D.E.; HIGASHI, M. (eds.). **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 389 - 407.

- HONDA, N. K.; VILEGAS, W. A química dos líquens. **Química Nova**, v.21, p. 110 – 125. 1998.
- KRISHNA, K. Introduction. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F. M. (orgs.). **Biology of termites**. vol. 1. New York e London: Academic Press, 1969. p 1-17.
- KRISHNA, K.; GRIMALDI, D. A.; KRISHNA, V.; ENGEL, M. S. **Treatise on the Isoptera of the world**. Vol. 1; Copyright American Museum of Natural History, 2013.
- LEE, K E.; WOOD, T. G. **Termites and Soils**. London (Academic Press). 1971. 251 p
- LIMA, J.T.; COSTA-LEONARDO, A.M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotropica**, v.7, n.2, p. 243-250. 2007.
- MARTIUS, C.; AMELUNG, W.; GARCIA, M.V.B.. The amazonian forest termite (Isoptera: Termitidae) (*Constrictotermes cavifrons*) feeds on microepiphytes. **Sociobiology**, v.35, p.379-383. 2000
- MATHEWS, A. G. A. Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil. **Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, 1977. 267 p.
- MIURA, T.; MATSUMOTO. Diet and nest material of the processional termite *Hospitalitermes*, and cohabitation of Termes (Isoptera, Termitidae) on Borneo Island. **Insectes Sociaux**, v.44, p. 267 – 275, 1997.
- MIURA, T.; MATSUMOTO, Foraging organization of the open-air processional lichen-feeding termite *Hospitalitermes* (Isoptera, Termitidae) in Borneo. **Insectes Sociaux**, v. 45, p.17 – 32, 1998.
- MOORE, B.P. Biochemical studies in termites. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. (eds.). **Biology of termites**. Academic Press, New York, v.1. p. 407-432. 1969
- MOURA, F.M.S.; A. VASCONCELLOS; V.F.P. ARAÚJO; A.G. BANDEIRA. Feeding Habit of *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae) in an Area of Caatinga, Northeast Brazil. **Sociobiology**, v.48, p. 1-6, 2006.
- RICHARDSON, D.H.S.; YOUNG, C.M. Lichens and vertebrates. In: SEAWARD, M.R.D. (ed). **Lichen ecology**. Academic Press, London, 1977.
- SHARNOFF S. **Lichens and invertebrates: a brief review and bibliography**. Lichens of North America. 1998. Disponível em: <http://www.lichen.com/index.html>. Acesso em 15 de julho de 2013.

STOCKER-WÖRGÖTTER E. Metabolic diversity of lichen-forming ascomycetous fungi: culturing, polyketide and shikimate metabolite production, and PKS genes. **Natural Product Reports**, v.25, p.188–200. 2008:

TORALES, G. J.; LAFFONT, E. R.; GODOY, M. C.; CORONEL, J. M.; ARBINO, M. O. Update on taxonomy and distribution of Isoptera from Argentina. **Sociobiology**, v. 45, p. 853-886, 2005.

WALLER, D.A.; LA FAGE, J.P.. Nutritional ecology of termites. In: SLANSKY JR, F; RODRIGUEZ, J.G. (eds). **Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates**. John Wiley & Sons, New York, 1986. p.487-532.

WHITFORD, W. G. Subterranean termites and long-term productivity of desert rangelands. **Sociobiology**, v.19, p.235-241. 1991

WOOD, T.G. Food and feeding habits of termites. In BRIAN M.V. (ed). **Production ecology of ants and termites**. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 55-80. 1978.

