



UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CCB - CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PPGCB - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Avaliação da atividade de lectinas de *Opuntia ficus indica*, OfiL, e de *Moringa oleifera*, cMoL e WSMoL, na sobrevivência de cupins da espécie *Nasutitermes corniger*

IGOR FELIPE ANDRADE COSTA DE SOUZA

**Recife
2012**

UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CCB - CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PPGCB - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Avaliação da atividade de lectinas de *Opuntia ficus indica*, OfiL, e de *Moringa oleifera*, cMoL e WSMoL, na sobrevivência de cupins da espécie *Nasutitermes corniger*

IGOR FELIPE ANDRADE COSTA DE SOUZA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, PPGCB, da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luana Cassandra Breitenbach Barroso Coelho

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia Maria Guedes Paiva

Souza, Igor Felipe Andrade da Costa de

Avaliação da atividade de lectinas de *Opuntia ficus indica*, OfiL, e de *Moringa oleifera*, cMoL e WSMoL, na sobrevivência de cupins da espécie *Nasutitermes corniger*/ Igor Felipe Andrade da Costa de Souza. – Recife: O Autor, 2012.

85 folhas : il., fig., tab.

Orientadora: Luana Cassandra Breitenbach Barroso Coelho

Coorientadora: Patrícia Maria Guedes Paiva

Mestrado (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas. Ciências Biológicas, 2012.

Inclui bibliografia e anexos

1. Lectinas 2. *Opuntia ficus indica* 3. Cupim I. Coelho, Luana Cassandra Breitenbach Barroso II. Paiva, Patrícia Maria Guedes III. Título.

572.6 CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2012-148

Avaliação da atividade de lectinas de *Opuntia ficus indica*, OfiL, e de *Moringa oleifera*, cMoL e WSMoL, na sobrevivência de cupins da espécie *Nasutitermes corniger*

IGOR FELIPE ANDRADE COSTA DE SOUZA

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Luana Cassandra Breitenbach Barroso Coelho
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof^a. Dr^a. Patrícia Maria Guedes Paiva
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof^a. Dr^a. Márcia Vanusa da Silva
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof^a. Dr^a. Michele Dalvina Correia da Silva
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA
(Suplente)

Prof^a. Dr^a. Vera Lúcia de Menezes Lima
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
(Suplente)

Recife, 15 de Fevereiro de 2012

*À minha mãe e ao meu pai,
pelo apoio, incentivo, confiança, entendimento e carinho
para que eu pudesse conquistar mais esta vitória,
pois sendo eles o que de melhor há em mim,
dedico.*

Agradecimentos

A Deus, pelas maravilhas realizadas em minha vida, sempre me guiando e me protegendo e, que por Sua infinita bondade, me concedeu o Dom da vida por duas vezes. Agradeço pela abençoada família e amigos que tenho, por permitir a conclusão de mais essa etapa em minha vida e pelo início de uma nova, sempre tendo me servido como esperança de que o melhor sempre há de vir. Permitindo-me crer que 'tudo posso Naquele que me fortalece'. Obrigado Senhor!

À minha mãe, Maria de Fátima, modelo de mulher, mãe, esposa e amiga, e que num total desprendimento e enorme prova de amor, serviu de instrumento para que eu pudesse vir a viver não somente uma vez, mas sim duas. Tenho, assim, orgulho de ter sido gerado por ela. Obrigado pelo seu amor!

Ao meu pai, Paulo Roberto, por ter me proporcionado a educação, a moral, a ética e tudo de honroso que aprendi em minha caminhada até hoje. Sempre lutando e ensinado a lutar por aquilo que acreditamos ser o certo. Obrigado por tudo!

Ao meu irmão, Iury, pelos momentos de brincadeiras, confiança e aprendizados que passamos juntos em nossas vidas, criando laços fraternais que durarão eternamente. Obrigado, maninho!

À minha família, em geral, por ter sempre me mostrado que sozinho não somos nada. Obrigado pela unidade!

Aos professores que passaram em minha vida, mediando conhecimentos, abrindo portas e mostrando caminhos que me permitiram chegar até aqui. Acredito ser o fruto de vossa árdua, porém graciosa e encantadora, missão: ensinar! Aos mestres, com carinho!

À professora doutora Luana Cassandra que, mesmo não me conhecendo, acreditou que eu seria capaz, com responsabilidade e comprometimento, de alcançar a sua expectativa e realizar um bom trabalho 'na' ciência e 'pela' ciência. Agradeço a orientação científica, o carinho, o respeito, a confiança, o incentivo, a torcida e o exemplo de ser humana e cristã que levarei para sempre em minha vida! Abraços e bênçãos!

À professora doutora Patrícia Paiva, pela disponibilidade, atenção e interesse que muito contribuíram para a realização deste trabalho. Sua co-orientação foi de extrema importância, me servindo de aprendizado durante todo esse período. Obrigado pela atenção!

Às professoras doutoras Márcia Vanusa, Michele Correia e Vera Menezes, por terem aceitado fazer parte deste momento, que com suas contribuições ajudarão no aprimoramento final deste trabalho. Obrigado pela disponibilidade!

Aos ‘anjos’ Luciana Luz e Thiago Napoleão, pela total amizade, ajuda, disponibilidade, companheirismo e ensinamentos durante esse Mestrado, sem nunca terem me negado um favor. Esses dois anos me fizeram acreditar e admirar a grandiosidade e a capacidade de generosidade que pode existir num ser humano, afinal vocês foram a maior prova disso. Sou feliz por tê-los conhecidos e levarei comigo a honra, o orgulho e a alegria de ser amigo destes seres iluminados. Obrigado por tudo!

Ao amigo Afonso Agra, pelos momentos de paciência que tivemos que ter para alcançar o ‘bendito’ fluxo da coluna de cromatografia. Companheiro e amigo leal nessa caminhada rumo à conquista do nosso Mestrado! Obrigado, amigo!

Aos amigos especiais do Laboratório de Glicoproteínas, Emmanuel Pontual, Francis Soares, Giselly Santana, Lidiane Pereira e Nataly Santos, por me mostrarem que a máxima de que ‘a união faz a força’ é verdadeira. Aprendi muito com vocês, e levarei sempre o jeito e o sorriso especial de cada um. Obrigado por fazerem parte da minha vida!

Às ‘jujubetes’, Ana Patrícia, Chrisjacele Araújo, Kézia Moura, Livia Lais, Maiara Moura, Priscila Vasconcelos e Thâmarah Albuquerque, por me proporcionarem momentos ímpares de alegria e descontração. Impossível o baixo astral junto de vocês! Obrigado pelo carinho!

Às eternas meninas do meu coração, Cynarha Cardoso, Danielli Matias, Idila Araujo e Marília Coriolano, por me mostrarem que a amizade vale muito e que não há patrimônio maior do que ter verdadeiros amigos. Obrigado pela amizade!

A todos aqueles que fazem parte do Laboratório de Glicoproteínas, sem exceção, e que de uma maneira especial fazem com que os dias de trabalho sejam mais leves e iluminados. Todos sempre disponíveis a ajudar, principalmente, para contar cupins. Vocês foram demais!

Ao trio da pesada, Allan Chernichiarro, Marek Ekert e Rafael Lira, pela companhia, amizade e momentos alegres antes, durante e depois das aulas e seminários das disciplinas do Mestrado. Obrigado pela parceria!

Aos amigos de graduação, pois apesar dos rumos que a vida deu a cada um, permanecem os laços de amizade conquistados. Não me esqueço de nenhum de vocês, André Cavalcanti, Arthur Clark, Erica Fernandes, Felipe Rocha, Janaína Nascimento, Laís

Sacramento, Mirela Seabra, Naishe Matos, Paulo Rosal, Raiana Apolinário, Raphael Douglas e Renata Ramos. Obrigado por fazerem parte da minha história!

Aos amigos do Departamento de Antibióticos, Aliny Almeida, Carla Maciel, Erika Lima, Evelyne Solidonio, Flávia Arruda, Luís Cláudio, Marcio Cadarn, Maria Cláudia, Nelânia Queiroz, Rosilma Oliveira e Rita de Cássia. Sinto saudades dos bons momentos que passei com vocês. Obrigado pela amizade!

Aos funcionários do Departamento de Bioquímica, em especial a Maria Reis e João Vírginio pela ajuda e disponibilidade; e à secretária do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Adenilda Lima, pelo interesse, preocupação e ajuda nessa caminhada durante o Mestrado. O meu sincero obrigado!

A todos os amigos e pessoas, que porventura eu tenha me esquecido de citar, por terem feito ou fazerem parte direta ou indiretamente da minha vida. Muito obrigado!

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela concessão da Bolsa de Pós-Graduação.

A gratidão é o único tesouro dos humildes...

William Shakespeare

*Agir, eis a inteligência verdadeira. Serei o que quiser.
Mas tenho que querer o que for.
O êxito está em ter êxito, e não em ter condições de êxito.
Condições de palácio tem qualquer terra larga,
mas onde estará o palácio se não o fizerem ali?*

Fernando Pessoa

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE TABELAS.....	14
RESUMO.....	15
ABSTRACT.....	16
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1. Lectinas.....	20
2.1.1. Fontes de Lectinas.....	21
2.1.2. Avaliação da Presença de Lectina em uma Amostra Biológica.....	21
2.1.3. Purificação de Lectinas.....	22
2.1.4. Caracterização das Lectinas.....	23
2.1.5. Classificação e Especificidade das Lectinas.....	24
2.1.6. Papel Fisiológico das Lectinas.....	25
2.1.7. Aplicações das Lectinas.....	26
2.1.7.1. Ação Inseticida das Lectinas.....	27
2.2. <i>Opuntia ficus indica</i>	27
2.2.1. Composição Química de <i>Opuntia ficus indica</i>	31
2.2.2. Cultivo da Palma Forrageira.....	31
2.2.3. Aplicações da <i>Opuntia</i> sp.	32
2.2.4. Lectina da <i>Opuntia ficus indica</i> : OfiL.....	33
2.3. <i>Moringa oleifera</i> Lamarck.....	33
2.3.1. Cultivo de <i>Moringa oleifera</i> Lam.	34
2.3.2. Sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam.	35
2.3.3. Aplicações de <i>Moringa oleifera</i> Lam.	36
2.3.4. Lectinas de Sementes de <i>Moringa oleifera</i> Lam.: MoL, cMoL & WSMoL.....	37
2.3.4.1. MoL.....	37
2.3.4.2. cMoL.....	37
2.3.4.3. WSMoL.....	39
2.4. Cupins.....	40
2.4.1. Os Ninhos.....	42
2.4.2. Ciclo Biológico.....	44
2.4.3. Gênero <i>Nasutitermes</i>	46
2.4.3.1 <i>Nasutitermes corniger</i>	47
2.5. Controle de Populações de Insetos Pragas.....	48
2.5.1. Controle Químico de Insetos.....	49
2.5.2. Controle Físico de Insetos.....	51
2.5.3. Controle Biológico de Insetos.....	52

2.5.4. Controle de Insetos através de Substâncias Naturais.....	52
3. OBJETIVOS.....	55
3.1. Objetivo Geral.....	55
3.2. Objetivos Específicos.....	55
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
5. ARTIGO PUBLICADO.....	76
Effect of lectins from <i>Opuntia ficus indica</i> cladodes and <i>Moringa oleifera</i> seeds on survival of <i>Nasutitermes corniger</i>	77
6. CONCLUSÕES.....	85

LISTA DE ABREVIATURAS

AH	- Atividade Hemaglutinante
ASA I e II	- (do inglês, <i>Allium sativum Agglutinin I and II</i>) Aglutinina I e II do <i>Allium sativum</i>
BmoLL	- (do inglês, <i>Bauhinia monandra Leaf Lectin</i>) Lectina da folha de <i>Bauhinia monandra</i>
Bs	- <i>Bacillus sphaericus</i>
Bti	- <i>Bacillus thuringiensis</i> serovar <i>israelensis</i>
Ca	- Cálcio
Ca ²⁺	- Íon Cálcio
CL ₅₀	- Concentração letal que provoca a morte de 50% do grupo de animal estudado
CMB	- Concentração Mínima Bactericida
CMi	- Concentração Mínima Inibitória
cMoL	- (do inglês, <i>coagulant Moringa oleifera Lectin</i>) Lectina coagulante de <i>Moringa oleifera</i>
Con A	- Concanavalina A
DDT	- Dicloro-difenil-tricloroetano
DL ₅₀	- Dose letal que provoca a morte de 50% do grupo de animal estudado
EDTA	- (do inglês, <i>Ethylenediamine Tetraacetic Acid</i>) Ácido Etilenodiamino Tetracético
HCH	- Hexacloroexano
HPLC	- (do inglês, <i>High Performance Liquid Chromatography</i>) Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
Lam.	- Lamarck
L4	- Larvas de 4º estágio
Mg	- Magnésio
Mg ²⁺	- Íon Magnésio
MoL	- (do inglês, <i>Moringa oleifera Lectin</i>) Lectina de <i>Moringa oleifera</i>
MS	- (do inglês, <i>Mass Spectrometry</i>) Espectrometria de Massa
MuBL	- (do inglês, <i>Myracrodruon urundeuva Bark Lectin</i>) Lectina da casca de <i>Myracrodruon urundeuva</i>
MuHL	- (do inglês, <i>Myracrodruon urundeuva Heartwood Lectin</i>) Lectina do cerne <i>Myracrodruon urundeuva</i>
NTU	- (do inglês, <i>Nephelometric Turbidity Unity</i>) Unidade Nefelométrica de Turbidez
OfiL	- (do inglês, <i>Opuntia ficus indica Lectin</i>) Lectina de <i>Opuntia ficus indica</i>
PHA	- (do inglês, <i>Phaseolus vulgaris lectin</i>) Lectina de <i>Phaseolus vulgaris</i>
PKM 1	- (do inglês, <i>Moringa oleifera seeds variety Periyakulam 1</i>) Sementes de <i>Moringa oleifera</i> variedade <i>Periyakulam 1</i>
SDS-PAGE	- (do inglês, <i>Sodium Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis</i>) Eletroforese em Gel de Poliacrilamida-Dodecil Sulfato de Sódio
XCL	- (do inglês, <i>Xerocomus chrysenteron Lectin</i>) Lectina de <i>Xerocomus chrysenteron</i>
WGA	- (do inglês, <i>Wheat germ Agglutinin</i>) Aglutinina de gérmen de trigo
WSMoL	- (do inglês, <i>Water-Soluble Moringa oleifera Lectin</i>) Lectina de <i>Moringa oleifera</i> solúvel em água

LISTA DE FIGURAS

- Dissertação

Página

Figura 1. Representação esquemática da aglutinação de eritrócitos por lectinas. Em ‘A’, não há especificidade da lectina pelo carboidrato da superfície do eritrócito; em ‘B’, o carboidrato de superfície foi específico para a lectina, a qual promoveu a aglutinação dos eritrócitos.....	22
Figura 2. Representação esquemática da inibição da aglutinação de eritrócitos por lectinas devido a presença do carboidrato específico para os sítios de ligação da lectina.....	22
Figura 3. Representação esquemática de um processo genérico de purificação de lectinas.....	23
Figura 4. Várias espécies do gênero <i>Opuntia</i> : <i>O. fícus indica</i> (A), <i>O. dillenii</i> (B), <i>O. robusta</i> (C), <i>O. tormentosa</i> (D), <i>O. tuna</i> (E).....	28
Figura 5. Partes da Palma Gigante: A. Caule da palma gigante (<i>O. fícus indica</i>), B. Flores, C. Frutos.....	29
Figura 6. Palma redonda (<i>O.leucotricha</i>), com diversas ramificações conferindo ao caule um aspecto arbustivo.....	30
Figura 7. Partes da Palma Doce ou Miúda: A. Ramificações característica da espécie <i>Nopalea cochenillifera</i> , B., em detalhe, Raquete da palma doce, C e D. Flores e frutos característicos da palma miúda.....	30
Figura 8. Aspectos da <i>M. oleifera</i> : A. Árvore de <i>Moringa oleifera</i> coma copa rala, B. Folhas, C. Flores, D. Frutos e E. sementes.....	34
Figura 9. Ninhos epígeos de térmitas modificando a paisagem.....	42
Figura 10. Tipos de ninhos: A. Ninho arborícola e B. Ninho epígeo.....	43
Figura 11. Esquema resumido do ciclo de vida dos cupins.....	45
Figura 12. Soldado da espécie <i>Nasutitermes havilandi</i>	46
Figura 13. Capa do periódico International Biodeterioration & Biodegradation.....	76

- Artigo Publicado

Fig. 1. Electrophoresis profiles of OfiL (A) and WSMoL (B) on PAGE for native acidic proteins stained with Coomassie Brilliant Blue.....	80
Fig. 2. Contact effect of E _{OfiL} (A and B) and OfiL (C and D) on <i>N. corniger</i> soldiers (A and C) and workers (B and D). Treatments used the protein concentrations 0.25 (-), 0.5 (●), 1.0 (◆) and 1.5 (Δ) mg ml ⁻¹ ; 0.15 M NaCl was the negative control (□).	

Each dot represents the mean $\pm$ SD of five experiments..... 80

Fig. 3. Contact effect of E_{WSMoL} (A and B), F_{WSMoL} (C and D), and $WSMoL$ (E and F) on *N. corniger* soldiers (A, C and E) and workers (B, D and F). Treatments used the protein concentrations 0.125 (■), 0.25 (-), 0.5 (●), 1.0 (◆) and 1.5 (Δ) mg ml⁻¹; 0.15 M NaCl was the negative control (□). Each dot represents the mean $\pm$ SD of five experiments..... 81

Fig. 4. Contact effect of E_{cMoL} (A and B), F_{cMoL} (C and D), and $cMoL$ (E and F) on *N. corniger* soldiers (A, C and E) and workers (B, D and F). Treatments used the protein concentrations 0.125 (■), 0.25 (-), 0.5 (●), 1.0 (◆) and 1.5 (Δ) mg ml⁻¹; 0.15 M NaCl was the negative control (□). Each dot represents the mean $\pm$ SD of five experiments..... 82

LISTA DE TABELAS

- Dissertação

Página

Tabela 1: Classificação das lectinas nos grupos de reconhecimento a carboidrato.....	25
---	-----------

- Artigo Publicado

Table 1

Properties of lectins from <i>Opuntia ficus indica</i> cladodes and <i>Moringa oleifera</i> seeds.....	81
--	-----------

Table 2

Specific hemagglutinating and termiticidal activities of lectin preparations from <i>O. ficus indica</i> cladodes and <i>M. oleifera</i> seeds.....	82
---	-----------

RESUMO

Lectinas são um grupo heterogêneo de proteínas ou glicoproteínas, de origem não imunológica, que se ligam de maneira específica e reversível a carboidratos. As lectinas apresentam diversas propriedades biológicas, incluindo atividade inseticida. A *Opuntia ficus indica* (palma-forrageira) é um dos mais importantes e estratégicos recursos forrageiros no Semi-árido brasileiro, apresentando extrema resistência à seca, podendo servir de alimentos para os animais, sendo o único alimento disponível durante o período de seca. Uma lectina foi isolada dos cladódios da *O. ficus indica*, OfiL. OfiL é uma proteína ligadora de quitina, de natureza aniônica e massa molecular 8,4 kDa. A *Moringa oleifera* é um espécie vegetal perene que pode se desenvolver tanto em condições irrigadas como de seca, sendo pouco exigente quanto ao tipo de solo e adubação, bem como, tolerante às pragas e doenças. Essas características fazem da moringa uma boa alternativa para cultivo em larga escala no território brasileiro. Duas lectinas foram isoladas de suas sementes, cMoL e WSMoL, ambas capazes de se ligar a quitina, com naturezas catiônica e aniônica, respectivamente. A cMoL é constituída por subunidades de massas moleculares 14,9 e 26,5 kDa e WSMoL possui subunidades de 5 kDa. Os térmitas ou cupins são pequenos insetos da Ordem Isoptera que apresentam comportamento eussocial. Nas colônias, estão divididos em castas morfológica e funcionamente distintas. *Nasutitermes corniger* é uma espécie de cupim com ampla distribuição nas Américas. No Brasil, esta espécie é considerada uma praga urbana. A utilização de inseticidas sintéticos pode acarretar em diversos perigos para organismos não-alvo e para o meio ambiente. Recentemente, a atividade termiticida de diferentes lectinas de plantas tem sido descrita, o que desperta o interesse em investigar outras plantas como novas fontes de lectinas ativas contra *N. corniger*. Nesse sentido, o trabalho teve por objetivo analisar as possíveis ações inseticida e repelente de OfiL, cMoL e WSMoL sobre *N. corniger*. O teste de atividade termiticida foi realizada com cupins operários e soldados (na proporção de 4:1), os quais foram colocados em contato com papéis de filtro embebidos com preparações das lectinas nas concentrações de 0,125 a 1,5 mg/mL. A taxa de mortalidade (%) foi avaliada diariamente. A atividade repelente foi avaliada observando a construção de túneis no ágar pelos cupins e fechamento das galerias em resposta a presença da amostra lectínica. OfiL (1,5 mg/mL), apresentou atividade termiticida ($p < 0,05$) sobre soldados; OfiL induziu a mortalidade ($p < 0,05$) de operários nas concentrações de 0,25 a 1,5 mg/mL, sendo possível a determinação, após 4 dias, de uma CL_{50} de 0,166 mg/mL. A cMoL foi ativa ($p < 0,05$) apenas sobre operários na concentração de 1,5 mg/mL. A WSMoL foi ativa ($p < 0,05$) na concentração de 1,5 mg/mL contra operários e soldados. Nenhuma das lectinas apresentou atividade repelente sobre os cupins. Em conclusão, OfiL, cMoL e WSMoL mostraram efeitos distintos sobre as castas de *N. corniger*. A OfiL possui potencial biotecnológico para o uso em controle de pragas de cupins *N. corniger*, pois foi altamente tóxica em baixas concentrações sobre os operários.

Palavras-chave: lectinas, *Opuntia ficus indica*, *Moringa oleifera*, térmitas, *Nasutitermes corniger*, atividade termiticida.

ABSTRACT

Lectins are a heterogeneous group of proteins or glycoproteins of non-immune origin that bind specifically and reversibly to carbohydrates. Lectins have several biological properties, including insecticidal activity. The *Opuntia ficus indica* (Indian fig opuntia) is one of the most important and strategic forage resources in the Brazilian Semi-arid, showing extreme resistance to drought. *O. ficus indica* also stands out due to its energetic potential and can serve as food for animals being the only food available during the dry season. A lectin was isolated from *O. ficus indica* cladodes, OfiL. OfiL is a chitin-binding protein with anionic nature and molecular mass 8.4 kDa. The *Moringa oleifera* is a perennial plant species that can develop both in irrigated or dry conditions, being undemanding regarding soil type and fertilization, as well as tolerant to pests and diseases. These features make the *moringa* a good alternative for large-scale cultivation in Brazil. Two lectins were isolated from its seeds, cMoL and WSMoL, both able to bind chitin, with cationic and anionic nature, respectively. The cMoL is composed by subunits with molecular masses 14.9 and 26.5 kDa, and WSMoL has subunits with 5 kDa. The termites are small insects of the Order Isoptera that show eusocial behavior. In colonies, they are divided in morphologically and functionally distinct castes. *Nasutitermes corniger* is a termite species with wide distribution in the Americas. In Brazil, this species is considered an urban pest. The use of synthetic insecticides can cause several hazards to non-target organisms and environment. Recently, the termiticidal activity of different plant lectins has been described, which arouse the interest in investigating other plants as novel sources of lectins active against *N. corniger*. In this sense, this work aimed to analyze the possible insecticidal and repellent actions of OfiL, cMoL and WSMoL on *N. corniger*. The assay for termiticidal activity was performed with workers and soldiers (in proportion of 4:1), which were placed in contact with filter papers soaked with lectin preparations at concentrations from 0.125 to 1.5 mg/mL. The mortality rate (%) was assessed daily. Repellent activity was evaluated by observing the building of tunnels on agar by termites and closing of galleries in response to the presence of lectin sample. The OfiL (1.5 mg/mL) showed termiticidal activity ($p < 0.05$) on soldiers; OfiL induced the mortality ($p < 0.05$) of workers at concentrations from 0.25 to 1.5 mg/mL, becoming possible to determine, after four days, a LC_{50} of 0.166 mg/mL. The cMoL was active ($p < 0.05$) only on workers at the concentration of 1.5 mg/mL. The WSMoL was active ($p < 0.05$) at a concentration of 1.5 mg/mL against workers and soldiers. None of the lectins showed repellent activity on termites. In conclusion, OfiL, cMoL and WSMoL showed different effects on the castes of *N. corniger*. The OfiL has biotechnological potential for use in control of *N. corniger* pest termites because it was highly toxic at low concentrations for workers.

Keywords: lectins, *Opuntia ficus indica*, *Moringa oleifera*, termites, *Nasutitermes corniger*, termiticidal activity.

1. INTRODUÇÃO

Lectinas são um grupo heterogêneo de proteínas e glicoproteínas que se ligam especificamente e com alta afinidade a carboidratos, de maneira reversível, sem, no entanto, causar alterações na estrutura covalente das ligações glicosídicas. São proteínas de origem não imunológica (COELHO & SILVA, 2000; CORREIA *et al.*, 2008; SÁ *et al.*, 2008; SANTANA *et al.*, 2009; DIMITRIJEVIC *et al.*, 2010; NAPOLEÃO *et al.*, 2011a). As lectinas apresentam uma ampla distribuição na natureza (RATANAPO *et al.*, 2001) e centenas dessas moléculas têm sido isoladas de vírus e diferentes microrganismos, como bactérias e fungos (TRIGUEIROS *et al.*, 2003; ZHAO *et al.*, 2009), bem como de uma variedade de espécies de plantas e animais (PUSZTAI, 1989; MARBAN-MENDONZA *et al.*, 1992).

A especificidade da interação entre lectinas e glicoconjugados ou carboidratos presentes na superfície celular confere a estas biomoléculas propriedades biológicas, como atividades antimicrobiana, antitumoral, inseticida e de reconhecimento diferencial de carboidratos ou glicoconjugados expressos em tecidos normais ou transformados (LORIS *et al.*, 1998; FRANCO-FRAGUAS *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2006).

Opuntia ficus indica Mill (Família Cactaceae), também conhecida como palma forrageira, possui características morfofisiológicas que a permite tolerar longos períodos de estiagens (SANTOS *et al.*, 1997; GALATI *et al.*, 2001). A palma forrageira, na dieta, supre em grande quantidade as necessidades de água dos animais, possui significativos teores de minerais, principalmente cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg), apresenta altos teores de carboidratos fibrosos, porém possui baixo valor de proteína bruta (4,0 - 6,0%) quando comparada a outras culturas forrageiras (SANTOS *et al.*, 1990; WANDERLEY *et al.*, 2002). Muitas vezes é o único alimento disponível durante o período de seca (TEXEIRA, 1999; ARAÚJO *et al.*, 2005).

Moringa oleifera Lamarck é uma planta pertencente à Família das Moringaceae, caracterizada como uma planta arbórea, com longas vagens, sementes aladas, folhas grandes bipinadas e flores brancas perfumadas. É uma planta tropical nativa da Índia e encontrada em muitos países da África, Ásia e América do Sul. Pode alcançar 10 m de altura, gerando flores e frutos em um ano após plantada; múltiplas colheitas anuais de sementes são possíveis em muitas partes do mundo (MCCONNACHIE *et al.*, 1999).

A moringa é bastante cultivada devido a características importantes como seus potenciais uso como alimento (folhas, frutos verdes, flores e sementes torradas), forrageira

(folhas, frutos e sementes), medicinal (todas as partes da planta), condimentar (principalmente as raízes), na indústria de cosméticos (óleo extraído das sementes), melífero (flores), combustível (madeira e óleo) e no tratamento de água para o consumo humano (cotilédones e tegumento das sementes) (CÁCERES *et al.*, 1991; GASSENCHIMIDT *et al.*, 1995; PALADA, 1996; GERDES, 1996; WARHURST *et al.*, 1996; GERDES, 1997; MAKKAR & BECKER, 1997; WARHURST *et al.*, 1997; MATOS, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 1999; SILVA & KERR, 1999).

Os cupins são pequenos insetos da Ordem Isoptera que fazem parte de um grupo de invertebrados que possuem comportamento diferenciado, mantendo uma organização social com divisão de castas morfológicamente distintas e com funções diferentes na sociedade, entretanto, funcionalmente interdependentes. São chamados, portanto, de insetos eusociais. Normalmente, a colônia de cupins é composta, principalmente, por três castas, nas quais se encontram os reprodutores (rainha e rei), os operários e os soldados. Representam um diversificado e importante grupo de insetos presentes no Novo Mundo. (CONSTATINO, 1998; LIMA-RIBEIRO *et al.*, 2006).

A biodegradação por térmitas trazem enormes prejuízos, devido a, geralmente, ela só ser percebida quando já houve grande comprometimento estrutural. O controle curativo e a recuperação das construções apresentam um custo elevado (ELEOTÉRIO & BERTI FILHO, 2000).

Com a evolução da indústria madeireira e o aumento do consumo de produtos e subprodutos florestais, tornam-se cada vez maior a necessidade da investigação de métodos para o controle de insetos praga que as atingem. Nesse intuito, pesquisadores brasileiros e de outras partes do mundo têm-se preocupado com o problema dos cupins.

É comum a utilização de inseticidas neurotóxicos para o controle químico de pragas, entretanto o seu uso provocou o desenvolvimento de estirpes de insetos resistentes. A utilização desses inseticidas pode acarretar perigos, em relação aos alimentos e seus consumidores, além de não ser possível mensurar o impacto futuro causado ao meio ambiente.

Até a década de 40 do século passado, havia uma grande utilização de produtos naturais inseticidas, porém a partir daí, os compostos sintéticos passaram a ter destaque por serem mais potentes e menos específicos que os inseticidas naturais que eram utilizados na época para o controle de pragas agrícolas (SANTOS, 2009). Ao término da Segunda Guerra Mundial, os defensivos químicos chegaram à produção agrícola. No livro “Primavera Silenciosa” (*Silent Spring*), publicado em 1962, a ambientalista, Dr^a. Rachel Carson, alerta

para as consequências do uso de tais produtos indiscriminadamente, relatando os possíveis efeitos sobre os seres humanos, animais e no meio ambiente (CARVALHO, 2006).

Qualquer planta no seu vigor possui certa resistência, pelo menos contra algum herbívoro. Esta resistência é considerada desde os mecanismos de escape temporal, resultantes de assincronismos fenológicos, até a biossíntese de moléculas complexas laterais (VENDRAMIN *et al.*, 2000). Compostos naturais produzidos por plantas, como potenciais agentes inseticidas, têm sido investigados como alternativa aos inseticidas químicos atualmente utilizados.

Este trabalho teve por objetivo verificar a possível ação inseticida de lectinas, através da utilização da OfiL, extraída da espécie vegetal *Opuntia ficus indica*, e a cMoL e a WSMoL, oriundas da *Moringa oleifera* Lam., sobre a sobrevivência de *Nasutitermes corniger*, bem como a análise das respostas dos térmitas às lectinas quando do ensaio de repelência.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Lectinas

As lectinas começaram a ser estudadas a partir da descoberta, no século XIX, de que extratos de certas plantas, além de serem tóxicos para homens e animais, poderiam aglutinar eritrócitos. Esse efeito tóxico era creditado à contaminação por toxinas bacterianas, porém Bruylants e Vennerman, em 1884, afirmaram que a toxicidade da semente de *Abrus precatorius* era oriunda de uma fração protéica, a qual se precipitava com álcool a partir de um extrato aquoso das sementes (MOREIRA *et al.*, 1991a). A observação da aglutinação de eritrócitos por extratos do feijão castor (*Ricinus communis*), feita por Hermann Stillmark, em 1888, aumentou o interesse nas possíveis aplicações destas proteínas (GABOR *et al.*, 2001), as quais foram, inicialmente, denominadas de fitohemaglutininas. Posteriormente, sendo descobertas nos mais diversos grupos de organismos vegetais e animais, passaram a serem denominadas de lectinas (OLIVEIRA, 2005).

O termo lectina é derivado do latim, *lectus* (escolhido, selecionado). As lectinas constituem um grupo heterogêneo de proteínas, de origem não imunológica, com distribuição ubíqua na natureza; podendo conter dois ou mais sítios de ligação reversível e específica a carboidratos de diferentes naturezas químicas, resultando na aglutinação de células e na precipitação de polissacarídeos, glicoproteínas ou glicolipídeos (COELHO & SILVA, 2000; SACCHETTINI *et al.*, 2001; LORIS, 2002; CORREIA *et al.*, 2008; SÁ *et al.*, 2008; SANTANA *et al.*, 2009; DIMITRIJEVIC *et al.*, 2010; NAPOLEÃO *et al.*, 2011a). Há uma distinção em relação às imunoglobulinas, que reconhecem especificamente antígenos, eventualmente sacarídeos, seja devido à estrutura, seja porque estas dependem de estímulo antigênico para serem sintetizadas (LORIS, 2002).

As lectinas possuem a capacidade de se ligarem a tipos específicos de açúcares na superfície celular, o que pode ajudar na caracterização e detecção devido ao fato de promoverem a aglutinação de eritrócitos, em certos casos com alta especificidade, daí também serem denominadas de hemaglutininas. Algumas lectinas são específicas em suas reações com grupos sanguíneos humanos ABO e MN e subgrupo A₁.

2.1.1. Fontes de Lectinas

As lectinas apresentam ampla distribuição na natureza. Podem ser isoladas de diversas partes das plantas, como da semente (SANTOS *et al.*, 2009), das folhas (GHOSH, 2008), das flores (ITO, 1986), dos frutos (THAKUR *et al.*, 2007), das entrecascas (NASCIMENTO *et al.*, 2008), dos rizomas (LIN *et al.*, 2008), do cerne (SÁ *et al.*, 2009a), das raízes (WANG & NG, 2006) e das sementes (MOREIRA *et al.*, 1991b). Martin-Cabrejas e colaboradores (1995) encontraram grande quantidade de lectinas em cinco cultivares de feijões (*Phaseolus vulgaris*) frescos e estocados por cinco anos.

Tendo sido encontradas também em fungos (KAWAGISHI *et al.*, 2001), bactérias (SINGH *et al.*, 1999), vírus (CAVADA *et al.*, 1998), algas (SATO *et al.*, 2000), líquens (SILVA *et al.*, 2009), protozoários (SINGH *et al.*, 1999), peixes (EWART *et al.*, 2001), invertebrados (WANG *et al.*, 2009) e vertebrados, incluindo os mamíferos (KILPATRICK, 2002).

2.1.2. Avaliação da Presença de Lectina em uma Amostra Biológica

A presença de lectinas em uma fonte biológica é avaliada através da aglutinação de eritrócitos, também chamada de hemaglutinação (FIGURA 1) (SHARON & LIS, 2001). Este procedimento é baseado numa diluição seriada da lectina e posterior incubação com eritrócitos (COELHO & DA SILVA, 2000; COUTIÑO-RODRIGUÉZ *et al.*, 2001).

As lectinas também possuem a capacidade de induzir a precipitação de polissacarídeos ou glicoproteínas em solução, sendo as reações de aglutinação por lectinas inibidas por seus carboidratos específicos. Os eritrócitos de humanos ou de animais, devido a sua riqueza qualitativa dos resíduos sacarídeos que são expressos em suas superfícies, podem ser utilizados após serem tratados enzimaticamente (tripsina, papaína, entre outras) ou quimicamente (glutaraldeído ou formaldeído) aumentando ou não a sensibilidade das células às lectinas (CORREIA & COELHO, 1995; COELHO & DA SILVA, 2000; TAYLOR & DRICKAMER, 2003).

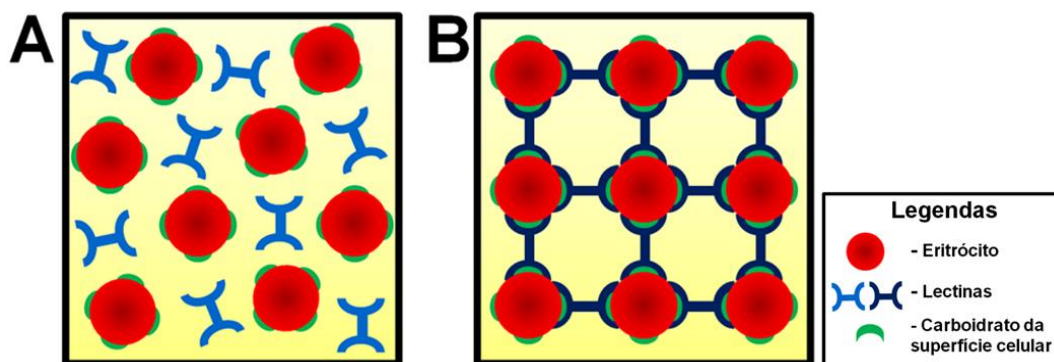


Figura 1. Representação esquemática da aglutinação de eritrócitos por lectinas. Em ‘A’, não há especificidade da lectina pelo carboidrato da superfície do eritrócito; em ‘B’, o carboidrato de superfície foi específico para a lectina, a qual promoveu a aglutinação dos eritrócitos
Fonte: O autor

Para ratificar que o agente aglutinante é uma lectina, se fazem necessários ensaios de inibição da atividade hemaglutinante utilizando uma solução de carboidrato ligante, como pode ser observado na Figura 2. O ensaio de inibição da AH, utilizando diferentes carboidratos, tem sido utilizado para a análise da especificidade de uma lectina (CAVADA *et al.*, 2000; KAWAGISHI *et al.*, 2001). As ligações das lectinas aos açúcares livres ou com os resíduos de açúcares de polissacarídeos, glicoproteínas ou glicolipídeos livres, impedem a ligação aos carboidratos ligados à membrana das células (GABOR *et al.*, 2001; NG & YU, 2001). A detecção, identificação e quantificação de lectinas também pode ser realizada através de análise proteômica e de sequenciamento por espectrometria de massas para futuras aplicações em processos bioquímicos, imunológicos e toxicológicos (NASI *et al.*, 2009).

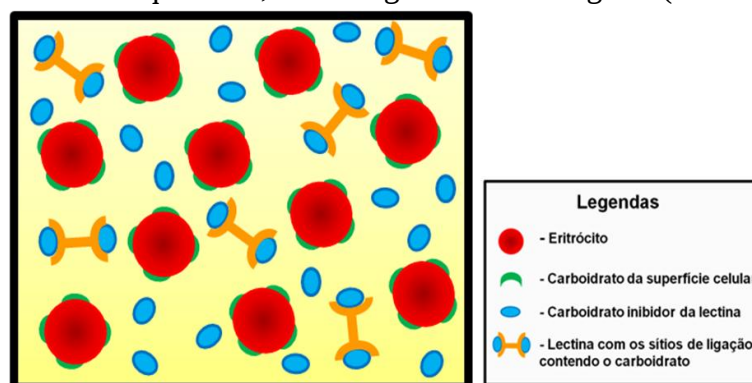


Figura 2. Representação esquemática da inibição da aglutinação de eritrócitos por lectinas devido a presença do carboidrato específico para os sítios de ligação da lectina
Fonte: O autor

2.1.3. Purificação de Lectinas

Técnicas comuns a protocolos de isolamento de proteínas são utilizadas na purificação de lectinas (FIGURA 3). A preparação de extratos em solução aquosa (SANTOS *et al.*, 2005),

salina (KONOZY *et al.*, 2003) ou em tampões (OLIVEIRA *et al.*, 2002) constituem a etapa inicial do isolamento de lectinas.

O fracionamento salino, pelo processo de precipitação protéica através da utilização do sulfato de amônio, tornou-se um dos procedimentos mais utilizados, devido às proteínas possuírem grupos carregados, sendo a sua solubilidade dependente da concentração de sais dissolvidos. A solubilidade aumenta com o acréscimo de sais (*salting in*) e volta a decrescer à medida que mais sal é adicionado (*salting out*) (LEHNINGER, 2006).

As lectinas são, normalmente, submetidas ao processo de diálise em membranas semipermeáveis após o fracionamento salino, seguida de processos cromatográficos, tais como troca iônica (LAM & NG, 2008), gel filtração ou exclusão molecular (JUNG *et al.*, 2007; POHLEVEN *et al.*, 2009) e de afinidade, sendo este o mais utilizado (TATENO *et al.*, 2003; SANTANA *et al.*, 2008).

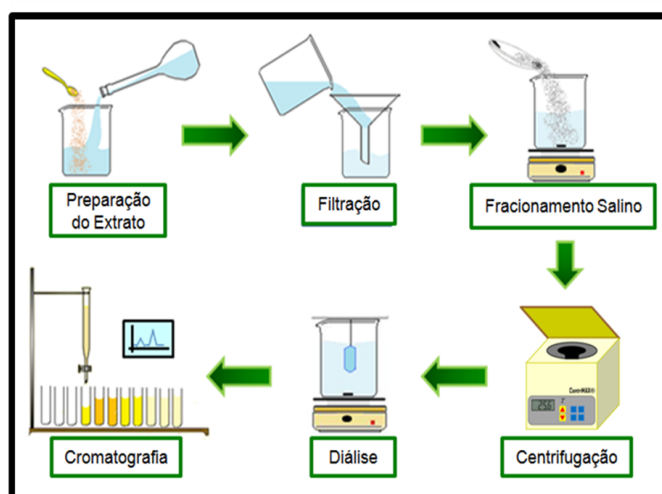


Figura 3. Representação esquemática de um processo genérico de purificação de lectinas

Fonte: O autor

No processo final de purificação de lectinas, após a utilização dos outros métodos cromatográficos, utiliza-se a técnica de cromatografia líquida de alta resolução em fase reversa (HPLC), pois também funciona como um meio de caracterização da massa molecular dessas proteínas quando ocorre em uma matriz de gel filtração (WONG & NG, 2003; JIANG *et al.*, 2009).

2.1.4. Caracterização das Lectinas

A caracterização é realizada por meio da determinação de diferentes propriedades físico-químicas das lectinas e envolve métodos diversos como inibição da atividade

hemaglutinate (AH) por carboidratos e/ou glicoconjugados (YANG *et al.*, 2007, SANTOS *et al.*, 2009), avaliação da AH com eritrócitos de diferentes espécies de animais (por exemplo: coelho, galinha, sistema sanguíneo humano A, B, AB e O), em presença de íons e em diferentes valores de pH e temperatura.

A natureza da carga líquida da proteína e o peso molecular das subunidades das lectinas podem ser definidos por técnicas eletroforéticas, uni ou bidimensional, que, também, são utilizadas para avaliar a pureza das preparações obtidas (NASI *et al.*, 2009).

Kubota e colaboradores (2008) afirmam que a combinação de análises cromatográficas de lectinas com espectrometria de massa (MS) tem revelado uma definição estrutural das proteínas, principalmente de glicoproteínas, por superar as limitações decorrentes da heterogeneidade dos açúcares.

A caracterização físico-química das lectinas é importante para explicar seu comportamento em diferentes propriedades biológicas (MACHUKA *et al.*, 1999).

2.1.5. Classificação e Especificidade das Lectinas

As lectinas podem ser diferenciadas entre si pela composição e sequência de aminoácidos na cadeia polipeptídica, quanto ao número de subunidades na estrutura protéica, quanto à necessidade da presença de metais para a atividade hemaglutinante e pela especificidade do sitio de ligação a carboidratos (CORREIA *et al.*, 2008).

A especificidade de uma lectina pode estar direcionada para mais de um carboidrato, aglutinando células de diferentes espécies. Também é possível encontrar lectinas que só aglutinam aquelas células onde há a presença de um determinado carboidrato (SATO *et al.*, 2000; GABOR *et al.*, 2001; COUTIÑO-RODRIGUÉZ *et al.*, 2001). Lectinas estruturalmente diferentes podem reconhecer o mesmo carboidrato (PEUMANS & VAN DAMME, 1998).

Podem ser denominadas de acordo com as espécies das quais foram purificadas, de acordo com o protocolo de purificação ou pela designação dos monossacarídeos aos quais têm especificidade ou, ainda, pela designação do tecido do qual foram extraídas, como exemplos: a lectina da *Vicia faba* é denominada favina, a concavalina A é obtida da *Canavalia ensiformis*, e D-galactose-N-acetil-D-galactosamina é uma lectina específica da *Erythrina cristagalli* (SILVA & SILVA, 2000).

Observa-se a seletividade pela distinção entre ligantes monossacarídeos, sendo assim, as lectinas podem ser classificadas de acordo com o monossacarídeo pelo qual exibem maior afinidade, normalmente aqueles que estão presentes em células eucariotas: D-manose, D-

galactose/N-acetil-D-galactosamina, N-acetil-D-glicosamina, L-fucose e ácido N-acetil-D-neuramínico (LIS & SHARON, 1998). As lectinas de plantas podem ser classificadas de acordo com a sua especificidade, ou seja, de acordo com o carboidrato a que preferencialmente se ligam (TABELA 1) (SHARON, 1993; NOMURA *et al.*, 1998; PEUMANS & VAN DAMME, 1998; RABINOVICH *et al.*, 1999).

Tabela 1: Classificação das lectinas nos grupos de reconhecimento a carboidrato

GRUPO	ESPECIFICIDADE	LECTINA
Fucose	Fucose	<i>Ulex europaeus</i> aglutinina I
N-acetilglicosamina	GlcNAc	Wheatgerm (<i>Triticum aestivum</i>)
Galactose/N-acetigalactosamina	Galactose >> GalNAc	<i>Artocarpus integrifolia</i> (jacalina)
	Gal = GalNAc	<i>Clerodendron trichotomum</i>
	Gal << GalNAc	<i>Glycine Max</i> (feijão de soja – Soybean)
Manose	Manose/Glicose	<i>Cratylia mollis</i>
		Con A (<i>Canavalia ensiformis</i>)
	Manose/Maltose	<i>Calystegia sepium</i>
	Manose	<i>Galanthus nivalis</i>
Complexo Glicano	Glicoproteína	PHA (<i>Phaseolus vulgaris</i>)

Fonte: Maciel (2002)

Devido a terem sido primeiramente descobertas e serem de fácil isolamento, as lectinas vegetais são, ainda hoje, muito estudadas e caracterizadas em grande número (RÜDIGER & GABIUS, 2001). As lectinas obtidas de vegetais apresentam a vantagem de serem utilizadas como sistema modelo para o estudo das bases moleculares do reconhecimento lectina-carboidrato, pois, apesar da semelhança da estrutura primária destas proteínas, sua especificidade a carboidratos podem ser diferentes (CORBELL *et al.*, 2000; BUTERA *et al.*, 2007).

2.1.6. Papel Fisiológico das Lectinas

Segundo Sulagna (2004), as lectinas nos microrganismos desempenham as funções de simbiose e são responsáveis pela associação específica entre bactérias da flora intestinal na mucosa humana. As lectinas de vírus atuam através da ligação com eritrócitos e outras células

pelo reconhecimento do ácido N-acetilneuramínico presente na superfície celular humana, e esta ligação é um pré-requisito para o início da infecção (SINGH *et al.*, 1999).

As lectinas funcionam como determinantes da transmissão de patógenos por artrópodes, estando envolvidas nos mecanismos de interação inseto-parasita. Os insetos possuem lectinas com uma variedade de funções, principalmente, no reconhecimento do não próprio. Sendo assim, as distintas especificidades a açúcares estão envolvidas nas funções de reconhecimento e proteção do sistema imune contra protozoários e patógenos microbianos (BARREAU *et al.*, 1995; GRUBHOFFER & HYPSE VAND VOLF, 1997).

As funções das lectinas em plantas variam e parecem ter relação com os estádios de maturação e germinação das sementes, bem como com os mecanismos de defesa da planta contra o ataque de vírus, fungos e insetos, ou atuando simplesmente como proteínas de reserva (VAN DAMME *et al.*, 1997; RATANAPO *et al.*, 2001; SACCHETTINI *et al.*, 2001).

No ser humano, as lectinas têm por ação agir como receptores e desempenharem uma função importante no tráfego extracelular de glicoproteínas, podem atuar como mediadores do reconhecimento celular em vários processos biológicos, na adesão celular, nas interações celulares e na imunidade inata (LEFFLER, 2004; HSU, 2004; NASI *et al.*, 2009).

2.1.7. Aplicações das Lectinas

Na área médica, as lectinas atuam em estudos citoquímicos e histoquímicos na detecção de resíduos glicosilados em superfícies de tecidos humanos e animais (PEDINI *et al.*, 2002), como agentes de reconhecimento para diferenciação de tumores malignos e benignos (GORELIK *et al.*, 2001), como moléculas bioadesivas no endereçamento de drogas (BIES *et al.*, 2004), na indução de apoptose celular (LIU *et al.*, 2009) e no isolamento de glicoconjugados quando imobilizados em suportes insolúveis (BANERJEE *et al.*, 2004), nas caracterizações de eritrócitos e de estádios de desenvolvimento de microrganismos diversos, na purificação de glicoproteínas e na identificação de conexões neurais no sistema nervoso central (KENNEDY *et al.*, 1995).

Lectinas vegetais têm sido utilizadas em estudos das bases moleculares em eventos de reconhecimento dos processos de infecções virais, bacterianas, fúngicas e parasitárias (KEYAERTS *et al.*, 2007).

2.1.7.1 Ação Inseticida das Lectinas

Lectinas de plantas apresentam atividade entomotóxica para as Ordens Coleoptera, Diptera, Lepidoptera e Isoptera (KAUR *et al.*, 2006; MACEDO *et al.*, 2007; SÁ *et al.*, 2008). As vilosidades do epitélio intestinal dos insetos têm sido descritas como um provável sítio de ligação para algumas lectinas, promovendo dessa maneira uma disfunção das células epitéliais, as quais são responsáveis pela absorção de nutrientes e substâncias potencialmente perigosas. As lectinas ligadoras de quitina se ligam à membrana peritrófica da região intestinal, reduzindo ou aumentando os movimentos entre o espaço endo e exoperitrófico. A ligação das lectinas a enzimas digestivas glicosiladas presentes no intestino dos insetos apresenta-se como uma outra possibilidade do efeito tóxico das lectinas (PEUMANS & VAN DAMME, 1995; ZHU-SALZMAN & SALZMAN, 2001, MACEDO *et al.*, 2003; TRIGUEIROS *et al.*, 2003).

As lectinas ligadoras de quitina WGA (do trigo, *Triticum aestivum*) e PHA (do feijão comum, *Phaseolus vulgaris*) apresentaram potente atividade inseticida (MURDOCK *et al.*, 1990; CARLINI E GROSSI-DE-SÁ, 2002; MACEDO *et al.*, 2002; MACEDO *et al.*, 2007). Ação inseticida, também, foi observada para a BmoLL (da pata-de-vaca, *Bauhinia monandra*) contra larvas de *C. maculatus*, *Zabrotes subfasciatus* e *Anagasta kuehniella* (MACEDO *et al.*, 2007). Duas lectinas recombinantes de alho, ASAI e ASAI, produzidas na levedura *Pichia pastoris*, foram inseticidas, promovendo a mortalidade de afídeos (FITCHES *et al.*, 2008). A lectina XCL, a qual foi isolada do fungo *Xerocomus chrysenteron*, apresentou propriedade inseticida, sendo tóxica para o díptero *Drosophila melanogaster* e para o hemíptero *Acyrtosiphon pisum* (TRIGUEIROS *et al.*, 2003).

A mortalidade do quarto estágio larval de *Aedes aegypti* foi observada após a aplicação de extratos salinos, frações e lectinas purificadas do cerne (MuHL), da casca (MuBL) e das folhas (MuLL) de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão) (SÁ *et al.*, 2009b; NAPOLEÃO *et al.*, 2011a).

2.2. *Opuntia ficus indica* Mill

A *Opuntia ficus indica* Mill é uma palma forrageira pertence à Divisão Embryophyta, Subdivisão Angiospermea, Classe Dicotyledoneae, Subclasse Archiclamideae, Ordem Opuntiales e Família das Cactáceas. São conhecidos cerca de 178 gêneros nessa Família, totalizando 2.000 espécies (SILVA & SANTOS, 2006). O gênero *Opuntia* é composto por

várias espécies, como, por exemplo, *O. ficus indica*, *O. dillenii* (Ker-Gawl), *O. robusta*, *O. tormentosa* e *O. tuna* (FIGURA 4) (PAZ & MEDINA, 1988; PAZ & PADRÓN, 1999).

A *O. ficus indica*, a palma forrageira, uma planta xerófila, surge como uma alternativa para as regiões Áridas e Semi-áridas do Nordeste brasileiro, devido as características fisiológicas dessa cultura quanto à absorção, aproveitamento e perda de água, sendo bem adaptada às condições adversas dessas regiões, o que favorece uma maior resistência a períodos prolongados de estiagem (SILVA & SANTOS, 2006). Destaca-se pelo potencial energético, chegando a ser chamada de um “concentrado energético aquoso” (ARAÚJO, 2003).

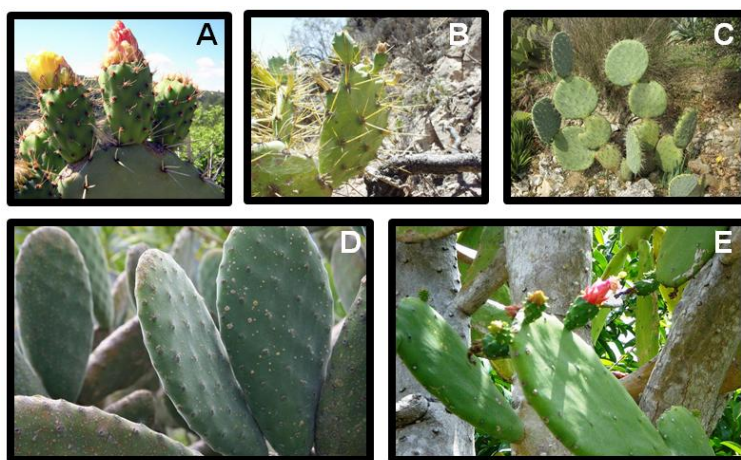


Figura 4. Várias espécies do gênero *Opuntia*: *O. ficus indica* (A), *O. dillenii* (B), *O. robusta* (C), *O. tormentosa* (D), *O. tuna* (E)

Fonte: <http://www.plantasonya.com.br/category/cactos-e-suculentas/page/3> (A); <http://sophy.u-3mrs.fr/Tenerife/FI195.HTM> (B & D); <http://palmaris.org/html/oprob.htm> (C); <http://www.leserre.it/enciclopedia1777/cactaceae/opuntia-tuna/opuntia-tuna.html> (E)

As espécies do gênero *Opuntia* são originárias da América Central, precisamente da costa leste do México, sendo levadas para Cadiz, Espanha, em 1820. Sua introdução nas Ilhas Canárias ocorreu em 1824, onde o cultivo tornou-se importante em áreas com clima semi-árido (150 – 200 milímetros de precipitação média anual). Na Ilha de Tenete, essas plantas estão presentes na parte sul e em conjunto com a vegetação típica composta de outras espécies endêmicas suculentas (MEDINA *et al.*, 2007).

No Brasil, foram introduzidas por volta de 1880, no Estado de Pernambuco, através de sementes oriundas do Texas, nos Estados Unidos. Apresentam grande utilidade, não toleram umidade excessiva e em solos profundos tem a capacidade de extrair água em grande quantidade, fazendo com que possuam uma umidade de 90 a 93%, o que as torna importantes no polígono da seca (SILVA & SANTOS, 2006).

As espécies de palma mais utilizadas como forrageira estão presente nos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*. São três tipos de palma presentes no Nordeste brasileiro (SILVA & SANTOS, 2006):

- I. Palma Gigante – podendo também ser denominada de graúda, azeda ou santa. Pertence à espécie *O. ficus indica*; são plantas com um porte bem desenvolvido e um caule com menos ramificações, dando-lhe aspecto mais ereto e um crescimento vertical menos frondoso. O peso do cladódio é de cerca de 1 kg, podendo ter até 50 cm de comprimento, forma oval-elíptica ou sub-ovalada, com uma coloração verde-fosca (FIGURA 5A). As flores são do tipo hermafrodita, com tamanho médio e com coloração amarelo brilhante (FIGURA 5B). O fruto é uma baga ovóide, grande e de coloração amarela passando à roxa quando madura (FIGURA 5C). Sendo considerada uma das palmas mais resistente às regiões secas, entretanto é menos palatável e de menor valor nutritivo para o gado.



Figura 5. Partes da Palma Gigante: A. Caule da palma gigante (*O. ficus indica*), B. Flores, C. Frutos

Fonte: <http://www3.uma.pt/biopolis/planta.php?id=105> (A);

<http://belezadecactos.blogspot.com/2009/06/opuntia-ficus-indica-produz-fruto.html>
(B & C)

- II. Palma Redonda (*Opuntia* sp.) – oriunda da palma gigante, apresenta um porte médio e o caule possui bastante ramificações, prejudicando dessa maneira o crescimento vertical. O cladódio pesa cerca de 1,8 kg, possuindo quase 40 cm de comprimento, apresentam formas arredondada e ovóide (FIGURA 6). Resulta em grandes rendimentos de um material mais tenro e palatável que a palma gigante.



Figura 6. Palma redonda (*O.leucotricha*), com diversas ramificações conferindo ao caule um aspecto arbustivo

Fonte: <http://www.jardimdesuculentas.net76.net/apostila/04.html>

III. Palma Doce ou Miúda – da espécie *Nopalea cochenilifera*, como o próprio nome diz, são plantas de pequeno porte e com caule bastante ramificado (FIGURA 7A). O cladódio tem um peso aproximado de 350 g, com quase 25 cm de comprimento, a forma característica é obovada (ápice mais largo que a base) e com uma coloração verde intenso brilhante (FIGURA 7B). As flores são de coloração avermelhada (FIGURA 7C). O fruto é uma baga com coloração avermelhada ou roxa (FIGURA 7D). Em comparação com as duas anteriores é mais nutritiva e utilizada para a alimentação do gado, porém são mais susceptíveis à seca.

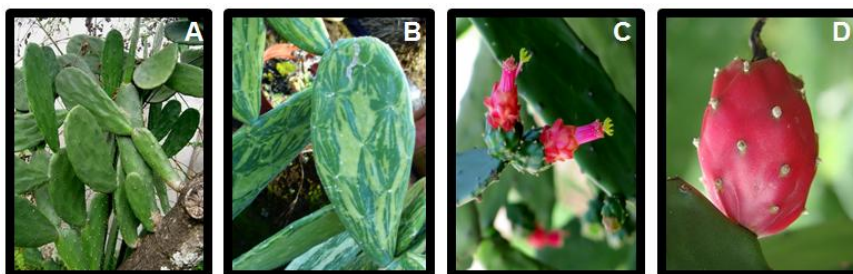


Figura 7. Partes da Palma Doce ou Miúda: A. Ramificações característica da espécie *Nopalea cochenillifera*, B., em detalhe, Raquete da palma doce, C e D. Flores e frutos característicos da palma miúda

Fonte: <http://vigoberto.blogspot.com/2011/05/palma-miuda-nopalea-cochenillifera.html> (A & D);
<http://opuntiads.com/images/nopalea-variegated-9.jpg> (B);
http://plantasebichos.blogspot.com/2010_05_01_archive.html (C)

No Nordeste brasileiro e, principalmente, no Estado de Pernambuco, são cultivadas na bacia leiteira duas espécies de palma, a *O. ficus indica* Mill, com as cultivares gigante e redonda, e a *Nopalea cochenilifera* Salm Dyck, cuja cultivar é a palma miúda ou doce. (SANTOS *et al.*, 2001; FERREIRA *et al.*, 2003). Segundo o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), a Região Nordeste possui um total de 600 mil hectares de palma forrageira, sendo 150 mil hectares em Pernambuco (COELHO, 2011)

2.2.1. Composição Química de *Opuntia ficus indica*

A composição química da *O. ficus indica* varia de acordo com a espécie, idade do artículo e época do ano. Quanto ao seu valor nutricional, contém alto teor de umidade (cerca de 90%), alta digestibilidade *in vitro* (cerca de 75%) e alto conteúdo de vitamina A, apresenta 29 µg de carotenóides e 13 mg de ácido ascórbico por 100 g de cladódios, matéria orgânica (67%), energia (2,61 Mcal.kg⁻¹), fibras cruas (4,3%), Fósforo (0,08–0,18%), Cálcio (4,2%), Potássio (2,3%) e Magnésio (1,4%), mas com baixo teor de proteína (cerca de 5%) (SANTOS *et al.*, 1992; FAO, 2001; ARAÚJO *et al.*, 2005).

A utilização da palma na alimentação animal se deve por sua riqueza em água e mucilagem, bem como pelo elevado coeficiente de digestibilidade da matéria seca e alta produtividade. Porém, a palma apresenta alguns aspectos limitantes, como deficiência de proteína bruta (SANTOS *et al.*, 1992), a qual está no limite inferior às necessidades dos microrganismos do rúmen bovino (VAN SOEST, 1994), baixo nível de ingestão de matéria seca e, também, reduzida quantidade de fibra (CUNHA, 1996).

2.2.2. Cultivo da Palma Forrageira

Estima-se uma área plantada com palma forrageira em torno de 600.000 ha na Região Nordeste do Brasil, destacando-se Pernambuco e Alagoas com a maior área cultivada com esta cactácea (ARAÚJO *et al.*, 2005). A palma, como qualquer outra planta, necessita de adubação, sendo este um fator determinante na produção de matéria verde, exigindo maior quantidade quando se trata de plantio da palma adensado (SILVA & SANTOS, 2006). A fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade de exploração e o consórcio utilizado irão influenciar no espaçamento do plantio desse vegetal (FARIAS *et al.*, 2000).

A utilização de espaçamentos mais adensados pode-se alcançar maiores produções, mas os custos de estabelecimento do palmal são maiores e os tratos culturais ficam mais difíceis e não permitem consorciação com outras culturas (FARIAS *et al.*, 2000). Porém, o espaçamento adensado da palma é o mais utilizado recentemente. Nesses espaçamentos, os tratos culturais e a colheita são dificultados aumentando os gastos de mão-de-obra. Por outro lado, além desses aspectos, ocorre uma maior quantidade de nutrientes extraídos do solo, considerando que no espaçamento 2,0 x 1,0 m é possível 5.000 plantas/ha, enquanto que no espaçamento 1,0 x 0,25 m a quantidade de plantas é oito vezes maior, ou seja, 40.000

plantas/ha, sendo necessário um maior cuidado com a adubação (FARIAS *et al.*, 2000; SILVA & SANTOS, 2006).

A colheita pode ser realizada após 1,5 a 2 anos ou mais, dependendo do desenvolvimento da cultura, a qual dependerá apenas das condições do solo e clima. Posteriormente, poderá ser feito o corte anual. A palma, de maneira geral, é colhida manualmente, apesar de aumentar o custo de produção, é a maneira mais racional de utilização (SILVA & SANTOS, 2006).

2.2.3. Aplicações da *Opuntia* sp.

A *O. ficus indica* constitui-se um alimento volumoso succulento de grande importância para os rebanhos, principalmente, nos momentos de estiagens prolongadas, devido a suprirem grande parte das necessidades de água dos animais, além de ser um alimento *in natura* (SANTOS *et al.*, 2001).

A *O. ficus* tem ampla utilização na medicina tradicional por curandeiros e tribos indígenas no México, com aplicações como analgésicos, antibióticos, diuréticos, em tratamento de problemas intestinais, nas tosse, nas afecções cardíacas e nervosas, na cura de alguns tipos de úlceras e para tentar o controle de diabetes e colesterol (HOLLIS & SHEINVAR, 1995; ANDRADE *et al.*, 2006).

Estudos científicos mostram que vários tecidos da *O. ficus indica* têm efeitos diuréticos (GALATI *et al.*, 2002a). Os frutos das espécies *O. ficus indica* e *O. dillenii* possuem efeitos anti-inflamatório e analgésico (LORO *et al.*, 1999; PARK *et al.*, 2001).

O cladódio de *O. ficus indica* tem apresentado efeito antiulceroso (GALATI *et al.*, 2002b; LEE *et al.*, 2002). Efeitos hipoglicemiantes e hipocolesterolêmicos foram também atribuídos ao cladódio de *O. ficus indica* e aos frutos de *O. dillenii* (PERFUMI & TACCONI, 1996; MEDELLÍN *et al.*, 1998).

Os frutos podem ser utilizados para a fabricação de sucos e bebidas alcoólicas, compotas (SAWAYA *et al.*, 1983) e na produção de adoçante líquido natural (SAENZ *et al.*, 1996). Não há relatos da utilização das sementes, sendo, normalmente, descartadas (OLIVEIRA *et al.*, 2001). Entretanto, estudos realizados por Eunorri e colaboradores (2007) sugerem que as sementes possam ter atividade hipocolesterolêmica e hipolipidêmica.

2.2.4. Lectina da *Opuntia ficus indica*: OfiL

A OfiL (*Opuntia ficus indica* Lectin) é uma proteína ácida, sendo uma lectina ligante de quitina, é termorresistente. Isolada por cromatografia em coluna de quitina ou Sephadex G-25. Possui atividade hemaglutinante sobre eritrócitos de coelho, galinha e os tipos A e O do sangue humano, porém sua melhor atividade foi sobre eritrócitos de galinha, com título de 32^{-1} . Atividade ótima em pH 5,0, não sendo observada nenhuma variação significativa em grandes faixas de pH, o que torna bastante útil a sua utilização, pois o pH poderia interferir nas pontes de hidrogênio e interações iônicas entre os aminoácidos que mantêm a estrutura da proteína, ocasionando uma desnaturação da proteína e, conseqüentemente, perda da atividade hemaglutinante. É inibida por ovoalbumina e soro fetal bovino. Os monossacarídeos glicose, galactose, manose e metil- α -D-manopiranosídeo também inibiram a atividade hemaglutinante, com variação do título de 32^{-1} a 8^{-1} (SANTANA *et al.*, 2009).

Segundo Santana e colaboradores (2009), o efeito observado da adição de íons sobre a atividade hemaglutinante foi o aumento do título. No caso da adição do cálcio (Ca^{2+}), o título foi de 128^{-1} com 0,02 a 0,04 M, com o Mg^{2+} , título de 128^{-1} , também, foi observado com 0,04 a 0,08 M, sendo abolida após o tratamento utilizando o agente quelante EDTA. A atividade hemaglutinante é restaurada, após a adição do íon Ca^{2+} , obtendo um título de 16^{-1} com 0,005 a 0,02 M, e de 32^{-1} com 0,04 a 0,08 M.

Quando submetida a eletroforese em gel de poliacrilamida em condições desnaturantes (SDS-PAGE), a OfiL apresentou uma única banda proteica com peso molecular de 8,4 kDa (SANTANA *et al.*, 2009).

OfiL apresentou atividade antifúngica contra *Candida albicans*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium decemcellulare*, *F. lateritium*, *F. oxysporum* e *F. solani* (SANTANA *et al.*, 2009).

2.3. *Moringa oleifera* Lamarck

A *Moringa oleifera* Lam. é uma espécie pertencente à Família Moringaceae, que é composta apenas por um gênero (*Moringa*) e 14 espécies (CORDEIRO *et al.*, 2008). Considerada uma espécie arbórea, pode chegar a 10 m de altura, de copa rala (FIGURA 8A), com folhas compostas bipinadas, de folíolos obovais, pequenos e glabros (FIGURA 8B). Flores brancas e cheirosas (FIGURA 8C). Seus frutos são do tipo cápsula alada e deiscente com aspecto de uma vagem (FIGURA 8D), podendo medir até 35 cm de comprimento e

marcado pelas sementes em seu interior; estas são trialadas e oleaginosas (FIGURA 8E) (LORENZI & MATOS, 2002; BEZERRA *et al.*, 2004a).

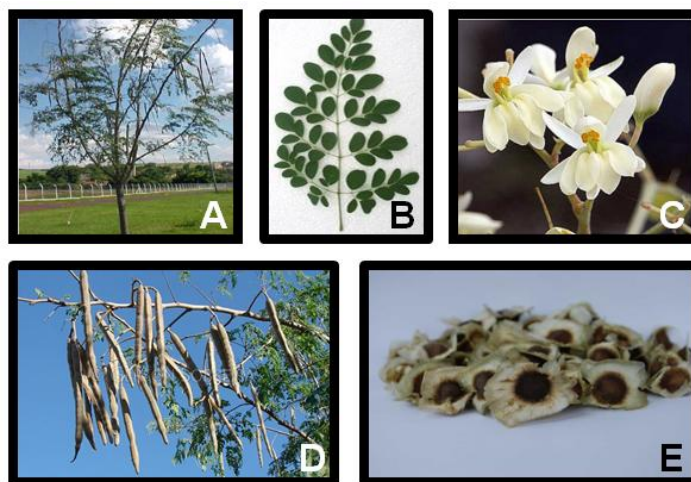


Figura 8. Aspectos da *M. oleifera*: A. Árvore de *Moringa oleifera* com copa rala, B. Folhas, C. Flores, D. Frutos e E. sementes

Fonte: PEREIRA NETO *et al.*, 2008 (A & C);

<http://www.soniahirsch.com/2010/04/moringa-planta-boa-ate-contra.html> (B);

<http://www.terrastock.com.br/default.asp?i=br&p=detalhes&cod=b7079> (D);

<http://lins.olx.com.br/pictures/sementes-de-eucalipto-iid-179797017> (E)

Originária do noroeste indiano, apresentando ampla distribuição na Índia, Egito, Filipinas, Ceilão, Tailândia, Malásia, Burma, Paquistão, Singapura, Jamaica e Nigéria (PIO CORRÊIA, 1984). É uma espécie perene, podendo se desenvolver tanto em condições irrigadas como de sequeiro (LORENZI & MATOS, 2002). É halofílica, pouco exigente quanto aos solos e adubação, tolerante às pragas e doenças, além de servirem como cerca viva e quebra vento em algumas regiões do mundo (SILVA & KERR, 1999).

Possui grande potencial em face de sua multiplicidade de uso, como alimentar, agrícola, medicinal e industrial (MATOS & ABREU, 1998; SILVA & KERR, 1999; LORENZI & MATOS, 2002). Atualmente, a cultura da moringa vem sendo difundida no território Semi-árido do Nordeste brasileiro, devido a sua utilização no tratamento de água para uso doméstico (AMAYA *et al.*, 1992). Além, de ser capaz de tolerar o estresse hídrico dessa região (MIRANDA *et al.*, 2002).

2.3.1. Cultivo de *Moringa oelifera* Lam.

M. oleifera pode ser cultivada a partir de sementes, as quais são produzidas a partir de seis meses a um ano após o plantio (SOUSA *et al.*, 2007). Resiste a prolongados períodos secos e é capaz de produzir algumas flores e frutos com as poucas folhas restantes presentes

nessas condições (GERDES, 1996). Devido a sua capacidade de sobrevivência e produção em zonas de baixa umidade do solo, a sua tolerância a elevadas temperaturas do ar, alta evaporação e grandes variações nas precipitações, torna-se importante o cultivo nas regiões Semi-áridas no Nordeste do Brasil (ALMEIDA *et al.*, 1999).

É uma planta alógama que se propaga por sementes e estacas. A produção é realizada através de mudas em sacos de polietileno, com substrato formado à base de solo preto, solo vermelho e esterco bovino curtido, na proporção de 1:1:1, procedendo-se à semeadura a 1,0 cm de profundidade e colocando-as para germinar à meia sombra, com irrigação leve e individual todos os dias. Sendo assim, as mudas estarão prontas para o transplante aos três meses de idade quando atingem 40 cm de altura (JAHN, 1989).

A germinação de sementes de moringa intactas e desprovidas de tegumento, em areia a 25°C, foi em torno de 69 e 68%, respectivamente. Bezerra e colaboradores (1997), a partir desses resultados, observaram que a remoção do tegumento acelera o processo, e obtiveram resultados semelhantes sob condições de campo. Oliveira (2000) observou um tempo médio de germinação de 8,76 e 8,05 dias para sementes intactas e sem tegumento, respectivamente, porém sob condições de casa de vegetação (sombrite 50% com nebulização intermitente) as plântulas se desenvolveram melhor do que em germinador de sala a 25°C.

A *M. oleifera* tem a capacidade de se adaptar a uma ampla faixa de solos, porém se desenvolve melhor em locais com terra preta bem drenada ou em terra preta argilosa, preferindo um solo neutro a levemente ácido (DALLA ROSA, 1993).

2.3.2. Sementes de *Moringa oleifera* Lam.

O peso das sementes representa um indicativo da sua qualidade fisiológica, sendo que em um mesmo lote, sementes leves, geralmente, possuem menor desempenho do que as pesadas quando do processo de germinação (BEZERRA *et al.*, 2004b).

As sementes de *M. oleifera* são ricas em proteínas (33,9%) e lipídeos (37,2%), requerendo estudos direcionados a sua exploração comercial (OLIVEIRA *et al.*, 1999). O óleo oriundo da extração das sementes de *M. oleifera* var. PKM 1 possui uma alta resistência a oxidação e apresenta elevados teores de ácidos graxos insaturados, em especial o oléico (71,6%), sendo o palmítico e o behênico (ambos com 6,4%) os ácidos graxos saturados dominantes (LALAS & TSAKINS, 2002).

Para a obtenção de sementes com qualidade, é necessário minimizar os fatores responsáveis pela redução da qualidade fisiológica das sementes na fase de campo

(adversidades após a maturação fisiológica e antes da colheita) e durante os processos de colheita, secagem e beneficiamento, e a preservação dessa qualidade dependerá de como essas sementes serão armazenadas (POPINIGIS, 1985). Os principais fatores externos são a umidade relativa e a temperatura, os quais influenciam a longevidade das sementes, sendo observado que baixas temperaturas ($\leq 10^{\circ}\text{C}$) e baixa umidade relativa (50-60% de UR) nas condições ambientais são consideradas adequadas à manutenção da viabilidade durante o armazenamento (FREITAS *et al.*, 2000; PÁDUA & VIEIRA, 2001; BEZERRA *et al.*, 2004a).

2.3.3. Aplicações de *Moringa oleifera* Lam.

Por possuir características importantes, a *M. oleifera* apresenta diversas utilidades na indústria e na medicina, resultando em significativa importância econômica (MAKKAR & BECKER, 1997). O óleo presente nas sementes é de excelente qualidade, tendo utilização para cozinhar, fabricar sabão, na indústria de cosméticos e de biocombustível (HERDES, 1994; KATAYON *et al.*, 2006).

Há o consumo das frutas, sementes, folhas e flores como legumes nutritivos em alguns países. Sementes maduras torradas e vagens verdes cozidas podem ser consumidas como verdura, sendo utilizadas na alimentação em países subdesenvolvidos (HERDES, 1994; KATAYON *et al.*, 2006). As folhas, por apresentarem betacaroteno, vitamina C, proteína, cálcio, ferro e fósforo, são utilizadas na alimentação humana em vários países do oeste da África. As flores, por apresentarem propriedades melíferas, têm importância na apicultura (ALVES *et al.*, 2005).

Há um esforço, no Brasil, no sentido de difundir-la como hortaliça rica em vitamina A, pois as suas folhas, com cerca de 23.000 UI de vitamina A, supera olerícolas consagradas como brócolis, cenoura, couve, espinafre e alface, que apresentam, respectivamente, 5.000, 3.700, 2.200, 1.900 e 1.000 UI de vitamina A (SILVA & KERR, 1999).

Visando melhorar a qualidade da alimentação para os animais, a moringa tem sido introduzida no Nordeste brasileiro. Devido ao alto teor de proteína bruta nas folhas, a presença de níveis adequados de aminoácidos essenciais e o baixo nível de fatores antinutricionais; aliados à capacidade de rebrota e a sua fácil adaptação a diferentes condições climáticas, faz com que essa planta seja uma promissora alternativa a ser discutida nessa região para a alimentação e/ou suprimento protéico para os animais (FARIAS *et al.*, 2008).

A utilização das sementes de moringa no tratamento de água, para consumo humano, tem sido frequente nas zonas rurais no Nordeste do Brasil, isso se deve, em parte, a escassez

de água potável para a população rural nessa região (GERDES, 1997). Em decorrência dos vários usos tradicionais de *M. oleifera*, muitas pesquisas têm sido feitas para isolar compostos bioativos de várias partes da planta (GUEVARA *et al.*, 1999). Estudos realizados com sementes de *M. oleifera* afirmam que essas possuem atividades hipotensiva (FAIZI *et al.*, 1998), antifúngica (CHUANG *et al.*, 2007) e antitumoral (GUEVARA *et al.*, 1999).

2.3.4. Lectinas de Sementes de *Moringa oleifera* Lam.: MoL, cMoL & WSMoL

Já foram purificadas de sementes de *M. oleifera* três lectinas: MoL (*M. oleifera Lectin*) (KATRE *et al.*, 2008), cMoL (*coagulant M. oleifera Lectin*) que é uma lectina solúvel em solução salina e coagulante (SANTOS *et al.*, 2009), e a lectina solúvel em água, WSMoL (*Water-Soluble M. oleifera Lectin*) (COELHO *et al.*, 2009).

2.3.4.1. MoL

A lectina de *M. oleifera*, MoL, é composta por um homodímero com massa molecular de 14 kDa e subunidades apresentando massa molecular de 7,1 kDa, as quais são ligadas por pontes dissulfeto. Possui atividade hemaglutinante sobre eritrócitos de coelho e humanos, porém a afinidade sobre estes últimos é quase 250 vezes menor quando comparada aos primeiros. É inibida por tireoglobulina, fetuína e holotransferina. Não apresentou alteração na AH em valores de pH e temperaturas elevados. Porém, valores de pH acima de 7,0 e a presença de ditiotreitol inativaram a lectina (KATRE *et al.*, 2008).

2.3.4.2. cMoL

A lectina coagulante de *Moringa oleifera*, cMoL, foi isolada após extração salina e cromatografia em gel de guar. É uma glicoproteína básica (natureza catiônica) com atividade coagulante. A atividade hemaglutinante foi observada sobre eritrócitos de coelho, com título de 256^{-1} , já sobre os eritrócitos humanos do tipo A, B, AB e O os títulos observados foram de 64^{-1} , 128^{-1} , 256^{-1} e 16^{-1} , respectivamente. Mostrou estabilidade na faixa de valores pH entre 4,0 e 9,0. A presença dos íons Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} aumentaram a atividade hemaglutinante. É termorresistente a 100 °C durante 7 horas (LUZ, 2009; SANTOS *et al.*, 2009).

A atividade hemaglutinante pode ser parcialmente inibida por carboidratos e glicoproteínas, sendo inibida por ovoalbumina e azocaseína e totalmente abolida por asialofetuína (SANTOS *et al.*, 2009).

A cMoL quando submetida a eletroforese em gel de poliacrilamida, em condições redutoras, apresentou uma banda polipeptídica principal de 26,5 kDa de peso molecular. O peso molecular nativo de cMoL, determinado por cromatografia de filtração em gel Sephacryl S-300, é de 30 kDa (LUZ, 2009; SANTOS *et al.*, 2009).

A cMoL possui, como o próprio nome relata, propriedade coagulante, a qual pode ser observada através de ensaio proposto por Ghebremichael e colaboradores (2005), utilizando uma suspensão de caolin em água (10 g/L) e leitura espectrofotométrica de absorbância a 500 nm, sendo observada efeito similar ao sulfato de alumínio, que é o coagulante sintético mais utilizado no tratamento de água. Apresentou uma redução de 92% da turbidez em água com alta (250 – 300 NTU) e baixa (125 – 150 NTU) concentração da suspensão de caolin, na absorbância a 500 nm, quando comparada ao controle negativo e resultado semelhante ao controle positivo, que utilizou sulfato de alumínio. Sua atividade coagulante não foi perdida e nem apresentou alguma variação significativa após o aquecimento. Dessa maneira, a cMoL apresenta-se como uma alternativa para o tratamento de água para consumo humano (LUZ, 2009; SANTOS *et al.*, 2009).

Apresentou maior atividade antibacteriana sobre bactérias Gram-positivas do que para as bactérias Gram-negativas. Demonstrando atividade bacteriostática sobre *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* e *Enterococcus faecalis*. Sendo efetivamente bactericida sobre *Bacillus subtilis*, com valores de CMB de 0,250 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ e de CMI, 0,031 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ (LUZ *et al.*, 2010).

Ratanapo e colaboradores (2001) afirmam que atividade antibacteriana de quaisquer produtos se deve à ligação a ácidos teicóicos e teicurônicos, peptideoglicanos e lipopolissacarídeos presentes na parede celular das bactérias. Sendo assim, a ação da cMoL sobre bactérias Gram-positivas se deve, provavelmente, a essa ligação com os peptideoglicanos e lipopolissacarídeos presentes na parede celular. Estudos realizados por Luz e colaboradores (2010) demonstraram o potencial da cMoL para ser utilizada na clarificação e a remoção de organismos patogênicos presentes na água.

A lectina coagulante de *M. oleifera*, foi capaz de inibir o crescimento das larvas e matar as pupas de *Anagasta kuehniella*, a qual é considerada uma praga de grande importância econômica que, além de danificar cereais e subprodutos armazenados, causa

sérios problemas nos moinhos, obstruindo as tubulações e elevadores das fábricas, com massas de farinha formadas pelos fios de seda que as larvas tecem (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

2.3.4.3. WSMoL

A lectina solúvel em água de *M. oleifera*, WSMoL, foi detectada em extrato aquoso de sementes de *M. oleifera* (SANTOS *et al.*, 2005) e isolada através de cromatografia em coluna de gel de quitina. Glicoproteína ácida, de natureza aniônica, apresenta atividade hemaglutinante sobre eritrócitos de coelho, ativa na faixa de valores de pH entre 4,5 e 9,5, sendo a atividade hemaglutinante inibida pelo tratamento térmico (100 °C, por 15 minutos). A frutose e N-acetilglicosamina foram capazes de se ligarem aos sítios ativos da lectina e, consequentemente, inibiram a sua atividade hemaglutinante. Entretanto, há um aumento da atividade quando da adição do íon Mg^{2+} (ROLIM, 2007; SANTOS *et al.*, 2009). Essa lectina apresentou uma única banda de 5 kDa em SDS-PAGE (COELHO *et al.*, 2009).

A WSMoL, assim como a cMoL, possui propriedades coagulantes similares ao sulfato de alumínio, sendo considerada, também, uma alternativa para o tratamento de água, pois a WSMoL não se apresentou como agente genotóxico, quando da utilização da concentração recomendada, que é de $0,2 \mu\text{g}.\mu\text{L}^{-1}$ (ROLIM *et al.*, 2011).

Devido a sua alta solubilidade, a WSMoL surgiu como alternativa para a investigação dessa lectina numa possível ação sobre o ciclo biológico, em água, de *Aedes aegypti* (COELHO *et al.*, 2009). Segundo estudos realizados por Santos (2009), indica que a WSMoL pode ser utilizada como um composto natural para o controle da dengue, atuando sobre os estágios larvais de *Aedes aegypti*, devido a capacidade da WSMoL se ligar a quitina e a ausência da camada epitelial que limita o trato digestivo nas L4 mortas tratadas com a lectina. Podendo indicar que a quitina, o constituinte da matriz peritrófica, e/ou receptores na superfície das células epiteliais presentes no intestino do *Aedes aegypti* foram os alvos da WSMoL.

WSMoL possui atividade antibacteriana, apresentando valores de CMI de $7,8 \mu\text{g}.\text{mL}^{-1}$ para *Staphylococcus aureus*, e de $250 \mu\text{g}.\text{mL}^{-1}$ para *Escherichia coli*, porém em ensaios para determinação da concentração mínima bactericida, foi efetiva apenas para *Staphylococcus aureus*, com valor de $300 \mu\text{g}.\text{mL}^{-1}$ (FERREIRA *et al.*, 2011a). O que ratifica a maior ação das lectinas ligadoras de quitina sobre bactérias Gram-positivas, devido a alta quantidade de peptideoglicano encontrado na parede celular bacteriana, que é constituída, principalmente, por N-acetilglicosamina, tornando-a um alvo potencial para a ligação da cMoL e da WSMoL.

Sendo assim, a sua menor ação sobre as bactérias Gram-negativas se deve ao fato de ser mais difícil a interação da lectina com o peptídeoglicano, devido a camada lipídica da parede celular externa, que dificulta o alcance ao espaço periplasmático e, consequentemente, a parede celular (FERREIRA *et al.*, 2011a; NUNES *et al.*, 2011).

2.4. Cupins

Os cupins são organismos, da Classe Insecta e Ordem Isoptera, detritívoros e constituem um dos grupos dominantes da fauna de ecossistemas tropicais, representando um papel importante na ciclagem de nutrientes e formação do solo (CONSTANTINO, 2002). Os isópteros são conhecidos por serem organismos eussociais e que diferem dos demais insetos sociais por se apresentarem divididos por castas morfológicamente diferentes, com divisão de trabalho e funções biológicas, são de ambos os sexos, diplóides e de desenvolvimento hemimetábolo (LELIS *et al.*, 2001; COSTA-LEONARDO, 2002; GALLO *et al.*, 2002).

A distribuição dos cupins é limitada pela temperatura ambiente (especialmente, inverno rigoroso), umidade e disponibilidade de sítios para a construção de ninhos, sendo principalmente, encontrados nas regiões tropicais e subtropicais da Terra. Estando presentes desde as florestas úmidas até as savanas, podendo existir até mesmo em regiões áridas, sendo, portanto, considerados uma espécie cosmopolita (EGGLETON *et al.*, 1996; GONÇALVES & OLIVEIRA, 2006).

Já existem cerca de 2.866 espécies descritas, distribuídas em sete Famílias de Isoptera: Mastotermitidae, Kalotermitidae, Termopsidae, Hodotermitidae, Serritermitidae, Rhinotermitidae e Termitidae. Um total de 550 espécies ocorre na região neotropical, as quais são divididas nas Famílias Termitidae (381spp.), Kalotermitidae (130spp.), Rhinotermitidae (29spp.), Serritermitidae (3spp.) e Termopsidae (1spp.) (CONSTANTINO, 2007; CONSTANTINO, 2009).

A Família Termitidae é a mais numerosa em espécie e apresentam uma maior diversificação ecológica, compreendendo as Subfamílias Macrotermitinae, Apicotermitinae, Termitinae e Nasutitermitinae (CANCELLO, 1989).

Os principais gêneros representantes da Família Kalotermitidae são os *Cryptotermes*, *Neotermes* e *Rugitermes*; na Família Rhinotermitidae tem como destaque os gêneros *Coptotermes* e *Heterotermes* e, no caso, da Família Termitidae destacam-se os *Cornitermes*, *Nasutitermes*, *Syntermes* e *Anoplotermes* (VASCONCELOS *et al.*, 2008).

No Brasil, são conhecidas aproximadamente 300 espécies, que são distribuídas entre as Famílias Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae (CONSTANTINO, 1999). A Família Serritermitidae, até recentemente, apresentava uma única espécie, *Serritermes serrifer*, que ocorria apenas no Brasil, porém Vasconcelos e colaboradores (2008) afirmam que a espécie *Glossotermes oculatus*, encontrada na Amazônia, possui evidências de que, também, pertença a essa Família.

Foi relatada a presença de nove espécies de térmitas na Região Nordeste do Brasil, são eles: *Anoplotermes sp.*, *Armitermes holmgreni* (Snyder), *Labiotermes labralis* (Holmgren), *Microcerotermes exiguus* (Hagen), *M. struncki* (Sørense), *Nasutitermes corniger* (Motschulsky), *N. ephratae* (Holmgren), *N. macrocephalus* (Silvestri) e *Nasutitermes sp.*, sendo as espécies de *Microcerotermes exiguus* (Hagen) e *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) as principais construtoras de ninhos (VASCONCELOS *et al.*, 2008).

Essa abundante distribuição se deve a relação simbiótica com microrganismos, como bactérias, fungos e protozoários, além da organização social bastante desenvolvida. O potencial como praga caracteriza a Ordem Isoptera, porém, apenas os cupins praga constituem a minoria dentro do grupo (cerca de 10%). Destaca-se o papel ecológico desses insetos no ambiente, uma vez que são considerados consumidores primários ou decompositores (herbívoros e detritívoros) nos ecossistemas. Realizam a reciclagem de nutrientes, através da trituração, decomposição, humificação e mineralização de uma variedade de recursos celulósicos. Exercem papel fundamental no funcionamento de vários ecossistemas, pois favorecem a disseminação de bactérias e fungos, além de servirem de alimentos para uma grande variedade de animais, como as formigas, aranhas, pássaros e mamíferos, e, dessa maneira, contribuem fundamentalmente para a formação da base da cadeia alimentar (COSTA-LEONARDO, 2002; LIMA *et al.*, 2007; FERREIRA *et al.*, 2011b).

Os cupins podem ser pragas de sistemas agrícolas (cana-de-açúcar, milho, arroz), florestais (eucalipto, pinus), urbanos (construções) e pastoris (pastagens) (BERTI FILHO & FONTES, 1995). Apresentam uma importância econômica na destruição de madeiras em áreas tropicais e subtropicais, como pode ser observado na América Central e América do Sul. Na América Central, o principal gênero encontrado é *Cryptotermes*, sendo *C. brevis* com maior distribuição desde áreas da costa até o interior do continente. A presença dessa espécie foi observada tanto na Guatemala, a uma altitude 2.300 m, assim, como no México, já no Brasil foi encontrada nos Estados de São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais (BECKER, 2006).

Eggleton e colaboradores (1995) classificam os térmitas em grupos tróficos, ou seja, cupins humívoros ou geófagos, que se alimentam de solo; cupins intermediários, que se alimentam da interface solo-madeira; cupins xilófagos, que se alimentam de madeira; e cupins ceifadores, comedores de serapilheira. Algumas espécies de cupins, que utilizam a madeira para a sua alimentação, tendem a ser polípagas e não consomem apenas esse tipo de material, e, sim, podem utilizar uma grande variedade de plantas vivas, fragmentos de plantas, esterco, produtos armazenados e matérias utilizadas pelo homem, sendo consideradas as maiores pragas em muitas áreas (REIS & CANCELLO, 2007).

2.4.1. Os Ninhos

Os ninhos, também chamados de cupinzeiros ou termiteiros, podem estar localizados no solo, em árvores e em outros substratos, dependendo apenas da espécie considerada. Em algumas áreas, a presença desses cupinzeiros é bastante comum, conferido características peculiares a paisagem, como pode ser observado na Figura 9. Fatores como tipo de solo, vegetação e clima podem influenciar na distribuição e densidade dos ninhos (BANDEIRA, 1985).

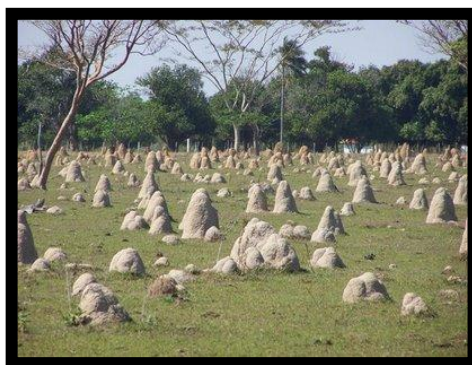


Figura 9. Ninhos epígeos de térmitas modificando a paisagem
Fonte: <http://biotecrio.webnode.com.br/news/cupins%20subterr%C3%A2neos/>

Apresentam formas e características diferenciadas de acordo com a espécie, tendo por função oferecer aos cupins proteção, além de manter a coesão da sociedade (LIMA-RIBEIRO *et al.*, 2006). Os cupinzeiros são construídos utilizando-se diferentes combinações de materiais, como o solo, matéria orgânica vegetal e, até, a própria saliva e fezes como matéria prima. A proporção entre esses materiais irá variar, em parte, devido ao hábito alimentar das espécies e da disponibilidade desses materiais no ambiente. Os ninhos de material orgânico podem representar locais ricos em nutrientes e sais minerais para a vegetação presente nas proximidades. Devido as características dos térmitas de construir ninhos e sistemas de túneis,

os tornam importantes no processo de modificação da estrutura do solo, bem como atuam aumentando a porosidade e aeração do mesmo (CASTRO JÚNIOR, 2002; IHERING, 2003).

Dentre os Isoptera, o gênero *Coptotermes* (Família Rhinotermitidae) e vários gêneros da Família Termitidae possuem espécies que constroem ninhos. Nas florestas neotropicais, o táxon com o maior número de espécies construtoras de ninhos está representado pela Subfamília Nasutitermitinae, especialmente as espécies do gênero *Nasutitermes* (MARTINS, 1994).

O ninho é constituído por um sistema de cavidades e galerias interligadas entre si, e, conseqüentemente, há formação de ambientes fechados, onde é possível a manutenção de microclimas diferentes do encontrado no ambiente (com temperatura, umidade e atmosfera interna controlados). Já foi observada uma temperatura interna excedente em 10°C a temperatura externa ao ninho. O microclima presente no cupinzeiro é mantido estável pela ação dos cupins, pela arquitetura do ninho, pelo material utilizado na construção e, principalmente, pela interação e dinâmica desses três fatores (LIMA-RIBEIRO *et al.*, 2006). Os ninhos podem possuir câmara real, câmara de cria, câmara de armazenamento de alimento e galerias de forrageamento (COSTA-LEONARDO, 2002; ZORZENON e POTENZA, 2006; ZORZENON e JUSTI JUNIOR, 2006).

Segundo Redford (1984), os termiteiros podem ser classificados de acordo com sua posição em relação ao solo, podendo ser: ninhos arborícolas, construídos sobre ou dentro de árvores (FIGURA 10A); ninhos hipógeos, construídos sob o solo; e ninhos epígeos, que possuem sua maior parte acima da superfície do solo e apenas uma pequena porção subterrânea (FIGURA 10B).



Figura 10. Tipos de ninhos: A. Ninho arborícola e B. Ninho epígeo

Fonte: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/cupim3.htm>

2.4.2. Ciclo Biológico

Em um ninho são encontrados os reprodutores, os operários, os soldados, as ninfas, os ovos e os indivíduos jovens, denominados de larvas; ao eclodirem essas larvas apresentam semelhanças com os adultos e correspondem aos primeiros instares, as ninfas são indivíduos imaturos com brotos alares que originarão os alados (THORNE, 1996).

O processo de revoadas e fundação de uma nova colônia pelos térmitas constituem uma atividade eminentemente sazonal. Embora, existam alguns registros de produção relativamente contínua de alados ao longo de todo o ano, podendo apresentar durante esse período alguns picos. Todo esse processo está dividido por uma sequência de eventos que duram, geralmente, alguns meses, compreendida pelas etapas (BRANDÃO, 1996):

- Atividades Pré-voo, tem como característica a produção de uma geração anual de alados na colônia já estabelecida;
- Voo, representado por um número variável de indivíduos sexuais quando deixam a colônia e se dispersam na área adjacente;
- Atividades Pós-voo, apresentadas por diversas características, como a perda das asas, corte, pareamento, escolha do local e início da construção do ninho.

O desenvolvimento de indivíduos reprodutores (ou indivíduos alados), os quais possuem dois pares de asas membranosas semelhantes, daí o nome da Ordem (*Iso*, igual; *ptera*, asa), na colônia ainda não é totalmente conhecido, bem como há uma grande variação de padrões de Família para Família (BRANDÃO, 1996). A figura 11 apresenta, de maneira resumida, o ciclo de vida dos cupins.

Na Família Termitidae, os indivíduos de 1º instar, após sofrerem a 1ª ecdise, dão origem as linhagens: uma sexuada e outra assexuada. A sexuada se inicia com as ninfas dotadas de broto alar e se desenvolve até os imagos; a assexuada resulta na formação de soldados, que são formas adultas, estéreis e ápteras, podendo ter a mandíbula desenvolvida, impedindo a mastigação do alimento, podem ou não ter olhos compostos e são responsáveis pela defesa da colônia, que pode ser feita mecanicamente ou quimicamente; e operários, que são mais numerosos na colônia, as formas adultas e as ninfas realizam a maior parte do trabalho, geralmente, são ápteros, esbranquiçados ou de cor amarelo-clara, sem olhos compostos e com mandíbulas relativamente pequenas (BUZZI, 2002). Após a eclosão todas as larvas são equipotentes, e a casta a que pertencerão será resultado da expressão de fatores sociais e ambientais (NOIROT, 1985).

A produção de alados tem início cerca de alguns meses antes do voo, tendo predileção para os meses de início da estação chuvosa, Domingos (1980) relata a presença de ninfas jovens de alados nos ninhos a partir do mês de maio na região do Cerrado para as espécies *Armitermes euamignathus*, *Cornitermes cumulans* e *Nasutitermes sp.*. É possível estimar que haja uma variação de 0,04% até 43% de indivíduos alados em relação à população total da colônia (BRANDÃO, 1996).

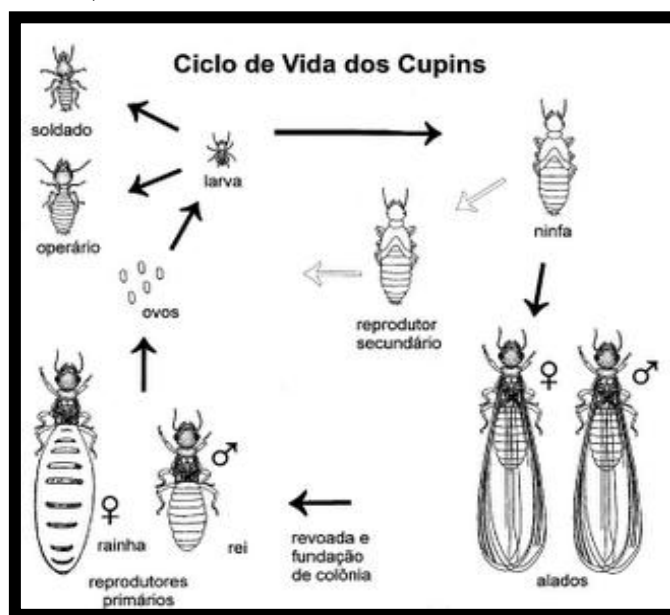


Figura 11. Esquema resumido do ciclo de vida dos cupins
 Fonte: <http://cupins.blogspot.com>

Para saída e voo dos alados, uma grande parte da colônia se envolve nas atividades de preparação para esta etapa e depois na assistência a eles. Os operários desenvolvem sua função, abrindo orifícios nas paredes dos ninhos, na madeira ou, caso a espécie seja subterrânea, túneis no solo. Todas essas modificações podem gerar simples aberturas ou construções contendo pequenas torres ou plataformas horizontais. A presença dessas estruturas em colônias da espécie *Armitermes euamignathus*, *Cornitermes cumulans* e três espécies não identificadas do gênero *Anoplotermes* (Família Termitidae) já foram observadas. Além da atuação dos operários no auxílio aos alados, observa-se, também, a participação dos soldados que se colocam em posição de defesa (MILL, 1983; BUZZI, 2002).

Após o processo de voo, haverá a formação dos pares, a procura de local ideal e a construção do ninho, porém todos esses processos parecem variar um pouco de espécie para espécie, mas, em geral, ocorre o pouso e a perda das asas, sendo essa característica bem desenvolvida na Ordem Isoptera e acontece de duas maneiras, como relata Myles (1988), a primeira, seria “assistida pelo substrato”, no qual ocorre a prisão das asas em algum objeto,

que faz o indivíduo andar em semi-círculo, produzindo uma força que as arranca, a segunda é denominada de “automática”, no qual é possível a liberação das asas a partir de certos movimentos rápidos dos térmitas.

A côrte é representada por duas etapas, inicialmente ocorre a atração do parceiro, e, em seguida, ocorre uma caminhada, onde um dos indivíduos do par segue exatamente atrás do outro, tocando a extremidade posterior do que vai à frente, provavelmente em busca de um local para fixação e início da construção do ninho. Na Família Termitidae é sempre a fêmea que atrai o macho, e ela também lidera a caminhada. Nas outras Famílias observa-se um comportamento diversificado, onde tanto o macho quanto a fêmea pode liderar o ritual da côrte. Após isso, o casal inicia a construção do ninho, com a abertura da primeira galeria, onde o casal se instala e começa o processo de acasalamento (BRANDÃO, 1996; BUZZI, 2002).

Normalmente, a colônia apresenta um único casal real, que possui como características olhos compostos perfeitamente desenvolvidos, são bem pigmentados e esclerotizados. A fecundação corre de maneira regular, em algumas espécies é possível a observação de um aumento no abdome da rainha devido ao crescimento do aparelho reprodutor, sendo por muitas vezes chamadas de rainha fisogástrica (BARSOTTI, 2001; COSTA-LEONARDO, 2002; GALLO, 2002).

2.4.3. Gênero *Nasutitermes*

A Subfamília principal da Família Termitidae é a Nasutiterminae, o qual é um dos grupos mais diversificado da Ordem Isoptera (KAMBHAMPATI & EGGLETON, 2000). O gênero *Nasutitermes* caracteriza-se por apresentar soldados com cápsula cefálica arredondada, coloração marrom-escura e tubo frontal cônico largo na base e mandíbulas atrofiadas. O tórax apresenta seu primeiro segmento com uma protuberância em forma de cela. O abdome compõe-se de 10 segmentos (FIGURA 12) (FONTES, 1995).



Figura 12. Soldado da espécie *Nasutitermes havilandi*
Fonte: <http://www.boldsystems.org/views/taxbrowser.php?taxid=4335>

O gênero *Nasutitermes* apresenta uma ampla distribuição mundial e é considerado um dos gêneros mais rico em espécies. O número de indivíduos que podem ser encontrado no interior de um ninho pode chegar a 3 milhões e as colônias de *Nasutitermes* pode varia de 40 a 80 anos de longevidade (KAMBHAPATTI & EGGLETON, 2000). São conhecidas 200 espécies do gênero *Nasutitermes*, com distribuição por todas as regiões tropicais, essas espécies podem construir ninhos em troncos, no sistema radicular das árvores e acima ou abaixo do nível do solo (SCHEFFRAHN *et al.*, 2002; ALBUQUERQUE *et al.*, 2005).

O aspecto morfológico característico da cabeça dos soldados permite diferenciar bem o gênero *Nasutitermes* dos demais. Entretanto, a caracterização e diferenciação entre as espécies desse gênero ainda não é uma tarefa fácil (MIURA *et al.*, 2000; SCHEFFRAHN *et al.*, 2002).

As espécies de *Nasutitermes* estão entre as mais abundantes que podem se alimentar de madeiras (MIURA *et al.*, 2000). Isso se deve a existência, no intestino dessas espécies, de bactérias capazes de promover a hidrólise de celulose e xilana (WARNECKE *et al.*, 2007). Sendo conhecidas pelos danos que causam em edificações de madeira, devido a predileção pela construção de ninhos em telhados, forros e demais elementos estruturais (SCHEFFRAHN *et al.*, 2002; SÁ *et al.*, 2009a).

O atual desequilíbrio ambiental tem favorecido aos *Nasutitermes* demonstrar características de nocividade. Sendo assim, estão sendo considerados como uma nova ameaça aos centros urbanos como praga, porém eles ainda não apresentam a agressividade observada na espécie *Coptotermes havilandi*, a qual possui uma maior expressão urbana (FIGUEIREDO, 2004). Foi observada a invasão do meio urbano no Semi-árido brasileiro por espécies de *Nasutitermes*, atacando móveis e estruturas das construções (PAES *et al.*, 2002).

2.4.3.1 *Nasutitermes corniger*

Nasutitermes corniger é uma das espécies mais dominante e amplamente distribuída desse gênero (PAES *et al.*, 2007; NAPOLEÃO *et al.*, 2011b). Estando presente nas Américas do Sul e Central. É possível observar a presença de *N. corniger* em quase todo o território nacional (ADAMS *et al.*, 2007).

É uma espécie considerada xilófaga comum, tendo grande importância econômica na Região Nordeste, onde é considerada uma das pragas urbanas mais frequente (REIS & CANCELLO, 2007). Como característica de quase toda espécie praga, esta apresenta certa

plasticidade, inclusive quanto aos ninhos, que podem ser policíclicos, aumentando a área de forrageamento de cada colônia (CONSTANTIBO, 2002; BANDEIRA *et al.*, 2003).

As colônias de *N. corniger* são compostas por famílias simples, com um único casal real. São múltiplos os ninhos escuros e de aspecto rugoso, que constituem as colônias, sendo encontrados em árvores ou no solo, sendo conectados por túneis. Porém, a estrutura dessas colônias pode apresentar grandes variações dentro das populações de *N. corniger*, assim como é observado com outras espécies de cupins (ATKINSON & ADAMS, 1997). Não existe agressividade entre cupins que habitam ninhos de uma mesma colônia. Entretanto, já foi observado por Adams e Levings (1987), que operários e soldados de *N. corniger* são agressivos com indivíduos de outras colônias.

Os soldados apresentam mandíbulas vestigiais e uma glândula frontal que contém substância de defesa, incluindo vários tipos de terpenóides e proteínas específicas (HOJO *et al.*, 2005).

Foi observado que *N. corniger* destrói madeiras dura ou mole, beneficiada ou não. Foram encontrados atacando madeiras de caucho (*Micrandra* sp., Euphorbiaceae) e virola (*Virola surinamensis*, Myristicaceae) e existe aqueles com preferência pela região do cerne (ABREU *et al.*, 2002). Madeiras como a da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), do louro-pardo (*Cordia trichotoma*), da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e do sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) demonstraram elevada resistência à ação de *N. corniger*, enquanto o marmeleiro preto (*Croton sonderianus*) foi severamente atacado (PAES *et al.*, 2002; PAES *et al.*, 2007).

2.5. Controle de Populações de Insetos Praga

O controle de pragas de insetos tem sido feito, predominantemente, pelo uso de inseticidas químicos. Até 1985, os inseticidas clorados apresentavam uma maior utilização, porém, após a sua proibição, inseticidas alternativos passaram a ser testados (VALÉRIO *et al.*, 1994). Fungos entomopatogênicos (FERNANDES & ALVES, 1991), controle cultural (rotação de cultura, calagem e adubação), controle biológico, plantas resistentes ao ataque de cupins (ALMEIDA *et al.*, 1989, LOGAN *et al.*, 1990) e, até, o método através da destruição mecânica foram pesquisados (ÁVILA & RUMIATTO, 1995). A sustentabilidade é algo desejável, ultimamente, para o controle de pragas. Sendo assim, implica no uso de (STUMPP *et al.*, 2006):

- Recursos renováveis;

- Recursos de baixo impacto ambiental;
- Matérias de baixo custo energético na sua produção;
- Matérias que fixam o carbono, associado ao dióxido de carbono da atmosfera, co-responsável pelo efeito estufa do planeta; e
- Matérias que garantam a durabilidade do produto.

A utilização indiscriminada de inseticidas orgânicos sintéticos pode acarretar num desequilíbrio biológico, pois pode ocasionar a eliminação dos inimigos naturais e proporcionar a elevação de diferentes pragas. O uso de produtos químicos de amplo espectro de ação provoca dois fenômenos ecológicos distintos: ressurgência da praga alvo e surtos de pragas secundárias. A perturbação do controle natural, em função da dependência do inseticida, torna-se um problema de grande extensão no mundo e contribui para aumentar os problemas econômicos e ecológicos das regiões onde os inseticidas são utilizados (CRUZ *et al.*, 1995).

Um total de 80 espécies, no mundo, representa os cupins praga, dessas, 33 são encontradas no Brasil, sendo 12 espécies agrícolas e 21 espécies urbanas (CONSTANTINO, 2009). O uso de armadilhas é uma das estratégias que vem surgindo para o controle de cupins, a qual leva em conta o comportamento social desses insetos, como trofalaxia, limpeza e tigmotropismo. Está baseado no princípio da transmissão de agentes químicos ou microbianos diretamente para os cupins, visando atingir toda a colônia. A ação lenta (*slow-acting*) de inseticidas em armadilhas permite que uma colônia inteira de cupim possa ser destruída com o tratamento de somente uma parte do sistema de galerias, porque devido as interações sociais (trofalaxia, lambimento) é possível que o agente tóxico seja distribuído para as demais partes do sistema que constituem a colônia (ALMEIDA *et al.*, 1998; LEHTONEN & PAHLONEN, 2004).

2.5.1. Controle Químico de Insetos

O controle de populações de insetos, através do controle químico, consiste na aplicação direta ou indireta de substâncias químicas em concentrações adequadas para produzir mortalidade (LUNA *et al.*, 2004; BRAGA & VALLE, 2007; CHUNG *et al.*, 2009). O controle mais fácil se dá através da mortalidade do estágio larval quando comparada ao estágio adulto dos insetos, pois reduz a aplicação total de pesticidas necessários para este fim (SANTOS, 2009).

No século XX, a utilização dos inseticidas pode ser dividida em três fases. A primeira fase refere-se aos produtos inseticidas de origem orgânica e inorgânica que predominaram na primeira metade do século XX. Os orgânicos de origem natural com maior utilização foram os alcalóides, como a nicotina, nor-nicotina e anabasina, os piretróides, como a piretrina, aletrina, deltametrina, os rotenóides, como a rotenona, e em menor escala alguns quassinóides, como a quassina. Dentre os inorgânicos, destacam-se os arsenatos de cálcio e chumbo, cupratos, enxofre em pó, vários sulfatos, cal, fluorsilicato de bário, aminosselenossulfito de potássio (criolite) e óleos minerais (ADDOR, 1994; VIERA & FERNADES, 1999).

A segunda fase tem início com o desenvolvimento da síntese de orgânicos com atividade inseticida após a Segunda Guerra Mundial. Sendo utilizado o hexacloroetano (HCH), dicloro-difenil-tricloroetano (DDT), Aldrin, Dieldrin e Clordano. Porém, a poluição ambiental e a resistência adquirida devido à aplicação repetida desses inseticidas sintéticos persistentes levaram a um aumento no interesse por produtos químicos novos com ação no controle de pragas (BUGHIO & WILKINS, 2004).

Os hidrocarbonetos clorados, ésteres organofosforados, carbamatos e piretróides sintéticos estão entre os inseticidas sintéticos que continuam a ser utilizados e contribuem para a produção mundial de alimentos nas últimas décadas. O uso contínuo destes produtos, principalmente, na área agrícola tem ocasionado problemas, pois tem desenvolvido resistência a estas substâncias em espécies-chave, somando-se o risco de dizimação de predadores naturais de espécies secundárias. Algumas destas substâncias persistem além do tempo desejado no meio ambiente como resíduos tóxicos (VIEGAS JR, 2003).

Muitos dos inseticidas disponíveis no mercado, incluindo o hexacloro benzeno, toxafeno, compostos organofosforados e carbamatos, são tóxicos aos rebanhos e oneroso quando considerado os produtores primários presentes nos países de terceiro mundo (NDUMU *et al.*, 1999).

A terceira fase para o controle de pragas, em especial térmitas, é representada pela utilização de tratamento químico com alta toxicidade e persistência. Sendo assim, a descoberta de produtos alternativos com baixa ou nenhuma toxicidade e com ação mais específica para a praga contribuirá para tratamentos sustentáveis (LYLE, 1994).

No Brasil, o DDT é, ainda, o inseticida químico mais largamente empregado para o controle de pragas. É um produto relativamente barato, possui um elevado poder residual, moderadamente tóxico e de baixa absorção cutânea, não sendo biodegradável. Pode se acumular no tecido adiposo de animais, interferindo no metabolismo do sódio e potássio,

alguns estudos em camundongos mostrou que é carcinogênico (CONSLI & OLIVEIRA, 1994).

O estabelecimento da dose mínima necessária para matar o inseto determina o poder tóxico do inseticida. Essa dose varia de acordo com os produtos existentes e das diferentes reações fisiológicas sobre cada inseto (GALLO *et al.*, 1988). Estudos do efeito sinérgico do imidacloprid, um inseticida do grupo das nitroguaninas, com fungos *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok., *Paecilomyces farinosus* (Bainier), *Conidiobolus coronatus* (Brefeld), *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Actinomucor* sp. em cupins das espécies *Reticulitermes flavipes* (Kollar) e *Coptotermes formosanus* Shr. verificaram que o solo tratado com 1 ppm de imidacloprid mais *M. anisopliae* ou *B. bassiana* causou mortalidade mais rápida do que somente o imidacloprid na concentração de 1 ppm. Este inseticida não foi repelente aos cupins estudados (ALMEIDA *et al.*, 1998).

Para a utilização da técnica *slow-acting* em armadilhas para o controle de cupins, se faz necessário estimar a dose sub-letal inseticida para cada espécie. Nesse sentido, Su e colaboradores (1994) testaram sulfluramida, declorene, *hydransentilon* e ácido bórico sobre *Coptotermes formosanus* e *Reticulitermes flavipes*. A sulfluramida apresentou maior toxicidade para *C. formosanus* com uma DL_{50} de 4,31 mg.g⁻¹ e o declorene foi mais tóxico para *R. flavipes*, apresentando uma DL_{50} de 4,18 mg.g⁻¹.

O ataque da madeira, por organismos xilófagos, pode ser prevenido pela imunização da madeira com preservantes sintéticos, sendo os produtos mais empregados à base de compostos oleosos (creosoto) ou aquosos (sais de boro, cobre, etc.) (DÉON, 1989). Muitos desses produtos apresentam prejuízo à saúde humana e ao meio ambiente. Sendo assim, vários compostos de origem vegetal estão sendo avaliados, no intuito de descobrir substâncias que possam ser empregadas como produtos preservantes e inseticidas, apresentando pouco dano ao ser humano e à natureza (LOGAN *et al.*, 1990; BLÄSKE & HERTEL, 2001; LI *et al.*, 2002).

2.5.2. Controle Físico de Insetos

O controle físico, também conhecido por controle ambiental ou mecânico, consiste na ação em que ocorra modificação dos locais da possível reprodução dos insetos. Tendo a participação popular importância na localização dos ninhos intra e peridomicilmente (CONSOLI & OLIVEIRA, 1994).

2.5.3. Controle Biológico de Insetos

O controle biológico se caracteriza pela diminuição de uma população de pragas pela utilização de predadores, parasitas ou patógenos (HAWKINS & CORNELL, 1999). O controle biológico de pragas de insetos não é uma técnica recente. Desde o século III a.C., formigas predadoras eram utilizadas pelos chineses para controlar pragas em plantas cítricas. Na Arábia Medieval, os agricultores transportavam colônias de formigas predadoras para o controle de formigas fitófagas em palmáceas (CARVALHO, 2006).

O controle biológico pode ser utilizado em estratégias para os estágios imaturos, através de organismos predadores, patógenos e parasitas naturais, os quais são capazes de predação ou parasitar os insetos em várias fases evolutivas. Bactérias entomopatogênicas, como algumas linhagens do gênero *Bacillus*, produzem toxinas protéicas com um alto grau de especificidade a insetos vetores, que ao serem ingeridas provocarão a morte das larvas. As duas espécies com maior ação larvicida são o *Bacillus sphaericus* (Bs) e *Bacillus thuringiensis* serovar *israelensis* (Bti). Esta possível especificidade e não-toxicidade para vertebrados favorecem o seu sucesso como recurso do controle biológico (TABASHNIK, 2001; JAYARAMAN *et al.*, 2005).

A infecção de um inseto por um fungo ocasiona o crescimento da biomassa do microrganismo sobre o cadáver do inseto, resultando na produção de um número significativo de conídios. Porém, a maioria destes conídios desintegra-se rapidamente no ambiente e apenas uma porção mínima vai alcançar sucesso, infectando outros insetos (MEYLING & EILENBERG, 2007). Entretanto, os insetos podem desenvolver resistência a este importante recurso do controle biológico (TABASHNIK, 2001; JAYARAMAN *et al.*, 2005).

É observado um efeito mais lento quando da comparação do controle biológico com o químico, sendo necessárias mudanças na política de manejo de insetos praga (LAZZARINI, 2005).

2.5.4. Controle de Insetos através de Substâncias Naturais

Desde a Idade Média, o homem utiliza extratos de plantas, numa prática que persiste até hoje, com várias espécies de plantas já conhecidas pela sua atividade inseticida. O uso de extratos de plantas associado a outros métodos de controle constituem numa estratégia viável para a redução das populações de insetos praga, visto que sistemas auto-sustentáveis de

produção requerem metodologias menos agressivas e que possam ser parte do agroecossistema e, assim, mais duradoras (CAVALCANTI *et al.*, 2006).

A pesquisa no intuito de se descobrir inseticidas de origem vegetal vem crescendo, isso se deve em virtude da opinião pública creditar que produtos naturais são mais seguros que os sintéticos. Entretanto, nem sempre isso é uma verdade científica, porém, por outro lado, o mercado permite preços especiais para produtos chamados “orgânicos” ou “naturalmente produzidos” (SCHLÜTER, 2006).

A pesquisa por inseticidas naturais aumentou e teve importância após a descoberta dos efeitos indesejáveis dos inseticidas sintéticos utilizados em larga escala no meio ambiente (KIRAN *et al.*, 2006). Problemas multifatoriais, devido ao uso indiscriminado desses inseticidas, como a poluição dos rios, da água e do ar, a resistência aos inseticidas e a toxicidade para os humanos, têm sido observados. É consenso mundial, a necessidade de encontrar alternativas para os inseticidas sintéticos. Atenção especial é dada as metodologias viáveis ambiental e economicamente no controle de insetos considerados pragas. Sendo assim, os inseticidas de origem botânica são promissores para esta utilização, devido a sua eficácia, sendo biodegradáveis facilmente e de baixo custo (DHARMAGADDA *et al.*, 2005; KIRAN *et al.*, 2006).

A demonstração do local de atuação e da forma de ação dos produtos naturais têm grande importância para a potencialização de seus efeitos e para o desenvolvimento como produtos inseticidas (SANTOS, 2009). Segundo Sukumar e colaboradores (1991), os inseticidas naturais não atuam aparentemente sobre as populações não-alvo e são biodegradáveis, além de serem facilmente disponíveis em muitas partes do mundo. Atuam interferindo no crescimento e na reprodução das pragas e são eficazes contra as diferentes fases de seu crescimento.

As plantas, pelo fato de co-evolurem com insetos e outros microrganismos, apresentam-se como fonte naturais de substâncias inseticidas e antimicrobianas, sendo produzidas pelo vegetal em resposta a um ataque patogênico, algumas dessas substâncias de defesa são denominadas de fitoalexinas. A defesa da planta pode ser de dois tipos, a direta e a indireta. Na defesa denominada direta, substâncias como sílica, metabólitos secundários, enzimas e proteínas estão presentes, as quais podem se tornar possíveis candidatas naturais na descoberta de novos produtos no combate a insetos praga, além da ação dos órgãos, como tricomas e espinhos, os quais afetam diretamente os insetos. Na defesa indireta estão presentes substâncias emitidas pela planta, que atraem parasitas e predadores de insetos (GRAY & KOKUBUN, 2001).

Espécies de vegetais sintetizam terpenos e fenilpropanóides que podem ter propriedades atrativas (alimentação, polinização) e/ou deterrentes e inseticidas (OMENA *et al.*, 2007, CHENG, 2008, MELO-SANTOS *et al.*, 2009). Dessa maneira, as plantas, por apresentarem substâncias químicas bioativas e tipicamente livres do perigo ou prejuízo ao meio ambiente, fazem com que sejam consideradas fontes alternativas na descoberta de inseticidas naturais (LUNA *et al.*, 2005; OMENA *et al.*, 2007). Por isso, há um interesse em estudos direcionados a extratos de plantas ou óleos essenciais, como potenciais agentes inseticidas (YANG *et al.*, 2004).

Uma planta resistente a um inseto praga refere-se a um genótipo potencialmente capaz de interagir com o ambiente e produzir um fenótipo que torna a presença da praga, como sua consumidora, inviável. Sendo assim, esse fenótipo se refere à capacidade das substâncias naturais (determinadas pelos genes de resistência) atuarem como inseticidas ou repelentes em relação às pragas (MAIRESSE, 2005).

Há bastante utilização de óleos essenciais como inseticida, devido a sua natureza lipofílica, que interfere diretamente nas funções do metabolismo básico, bioquímico, fisiológico e comportamental dos insetos (NISHIMURA, 2001). Os óleos essenciais de *Thymus vulgaris*, *Satureja hortensis* e *Thymus satureioides* mostraram ser eficazes sobre a mortalidade larval de *Culex quinquefasciatus*, com valores de DL_{50} menores que 50 g.mL^{-1} (PAVELA, 2009).

Devido aos problemas ambientais causados pelo uso indiscriminado de inseticidas sintéticos sobre culturas de todo o mundo, a pesquisa por novas espécies de vegetais com atividade inseticida tem aumentado. Resultando desses estudos, a identificação de plantas inseticidas e caracterização de seus compostos bioativos (VIEGAS JR, 2003).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral:

Avaliar a atividade cupinícida e repelente da lectina presente na espécie vegetal *Opuntia ficus indica*, a OfiL, e daquelas presentes em sementes de *Moringa oleifera*, a cMoL e a WSMoL, sobre *Nasutitermes corniger*.

3.2. Objetivos Específicos

- Purificar as lectinas através de protocolos já estabelecidos;
- Analisar as lectinas quanto as suas características em relação ao carboidrato específico, natureza da carga e massa molecular;
- Realizar os ensaios de atividade termiticida à *N. corniger* com a lectina de *O. ficus indica*, a OfiL, e as de *M. oleifera*, a cMoL e a WSMoL;
- Realizar testes de repelência à *N. corniger* utilizando OfiL, cMoL e WSMoL; e
- Determinar a concentração das lectinas para a atividade cupinícida.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, R. L. S. et al. Avaliação de danos por insetos em toras estocadas em indústrias madeireiras de Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 789-796, 2002.
- ADAMS, E. S.; LEVINGS, S. C. Territory size and population limits in mangrove termites. **Journal of Animal Ecology**, v. 56, n. 3, p. 1069-1081, 1987.
- ADAMS, E. S.; ATKINSON, L.; BULMER, M. S. Relatedness, recognition errors, and colony fusion in the termite *Nasutitermes corniger*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 61, n. 8, p. 1195-1201, 2007.
- ADDOR, R. W. **Insecticides**. In: GODFERY, C. R. A. (ed.). *Agrochemicals from Natural Products*, New York: Marcel Dekker Inc., p. 1-62, 1994.
- ALBUQUERQUE, A. C. et al. Patogenicidade de *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* e *Metarhizium acridum* var. *acridum* sobre *Nasutitermes coxipoensis* (Holmgren) (Isoptera: Termitidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 4, p. 585-592, 2005.
- ALMEIDA, L. C.; PETRI, J. L.; IGLESSIAS, A. C. Flutuação populacional e avaliação de danos por cupins em parcelas tratadas com diferentes inseticidas. **Boletim Técnico Copersucar**, n. 46, p. 37-43, 1989.
- ALMEIDA, J. E. M. et al. Controle do Cupim Subterrâneo *Heterotermes tenuis* (Hagen) com Iscas Termitrap Impregnadas com Inseticidas e Associadas ao Fungo Entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **Society of Entomology**, Brasi, v. 4, n. 27, p. 639-644, 1998.
- ALMEIDA, V. M. et al. Composição química bromatológica da moringa (*Moringa oleifera* Lam.) no semi-árido paraibano. In: Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, 26, 1999. Campo Grande - MS, **Anais...** 1999.
- ALVES, M. C. S. et al. Seed germination and seedling development of *Moringa oleifera* L. under different environments and submitted to pre-soaking. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1083-1087, 2005.
- AMAYA, D. R. et al. Moringa: hortaliça arbórea rica em beta-caroteno. **Horticultura Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 126, 1992.
- ANDRADE, C. T. S.; MARQUES, J. G. W; ZAPPI, D. C. Utilização medicinal de cactáceas por sertanejos baianos. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 36-42, 2006.
- ARAÚJO, G. G. L. **Erva-sal: Uma alternativa alimentar no Semi-árido**. Petrolina, 2003. Disponível em: <<http://www.cpatas.embrapa.br/catalogo/cultivoestrategicoforageiras.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2011.

ARAÚJO, L. F. et al. Hygroscopic equilibrium of the cactus pear: Relation with the optimum moisture for the solid fermentation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 9, n. 3, p. 379-384, 2005.

ATKINSON, L.; ADAMS, E. S. The origins and relatedness of multiple reproductive colonies of the termite *Nasutitermes corniger*. **Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences**, v. 264, n. 1385, p. 1131-1136, 1997.

ÁVILA, C. I.; RUMIATTO, M. Controle mecânico do cupim de montículo, *Cornitermes cumulans* (Kollar), com o implemento “demolidor de cupinzeiros”. **Ata e Resumos Reunião Sul-Brasileira de Insetos de Solo**, Dourados, n. 5, 1994. 110 p.

BANDEIRA, A. G. Cupinzeiros como fonte de nutrientes em solos pobres da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi (Zoologia)**, v. 2, n. 1, p. 39-48, 1985.

BANDEIRA, A. G. et al. Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga domain, Brazil. **Sociobiology**, v. 1, n. 42, p. 117-127, 2003.

BANERJEE, S. et al. Mucin binding mitogenic lectin from freshwater Indian gastropod *Belamya bengalensis*: purification and molecular characterization. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 421, p. 125-134, 2004.

BARREAU, C. et al. Plasmodium gallinaceum; sporozoite invasion of *Aedes aegypti* salivary glands is inhibited by anti-gland antibodies and by lectins. **Experimental Parasitology**, v. 81, p. 332-43, 1995.

BARSOTTI, R. C. **Desenvolvimento pós-embrionário de *Coptotermes havilandi* (Isoptera: Rhinotermitidae): análise biométrica e morfologia**. 2001. 140 f. Tese (Doutorado em ciências biológicas, Área de concentração: Zoologia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Campus de Rio Claro, Rio Claro – SP. 2001.

BECKER, G. **On termites in Central and South America**. FLORESTA, América do Norte, v. 9, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/6224/4439>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BERTI FILHO, E.; FONTES, L. R. **Alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins**. FEALQ, São Paulo, 1995. 183 p.

BEZERRA, A. M. E. et al. Germinação de sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 28, n. 1/2, p. 64-69, 1997.

BEZERRA, A. M. E. et al. Avaliação da qualidade das sementes de *Moringa oleifera* Lam. durante o armazenamento. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1240-1246, 2004a.

BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 295-299, 2004b.

BIES, C.; LEHR, C. M.; WOODLEY, J. F. Lectin – mediated drug targeting: history and applications. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 56, p. 425-435, 2004.

BLÄSKE, V.; HERTEL, H. Repellent and toxic effects of plant extracts on subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal Economic Entomology**, v. 94, n. 5, p. 1200-1208, 2001.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 16, n. 4, 2007.

BRANDÃO, D. **Estudo sobre o padrão de revoadas de uma comunidade de térmitas no Parque Nacional das Emas, Goiás**. 1996. 116 f. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, São Paulo. 1996.

BUGHIO, F. M.; WILKINS, R. M. Influence of malathion resistance status on survival and growth of *Tribolium castaneum* (Coleoptera:Tenebrionidae), when fed on flour from insectresistant and susceptible grain rice cultivars. **Journal of Stored Products Research**, v. 40, n. 1, p. 65-75, 2004.

BUTERA, A. P. et al. Síntese de amidas e sulfonamidas de α -D-galactopiranosilamina e α -lactosilamina e avaliação de suas interações com lectinas de *Erythrina cristagalli* e de *Ricinus communis*. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1267-1274, 2007.

BUZZI, Z. J. **Entomologia Didática**. Curitiba: Editora UFPR, 4ª ed., 2002. 271 p.

CÁCERES, A. et al. *Moringa oleifera* (Moringaceae): ethnobotanical studies in Guatemala. **Economic Botany**, v. 45, n. 4, p.522- 523, 1991.

CALDERON, R. A.; CONSTANTINO, R. A Survey of the Termite Fauna (Isoptera) of an Eucalypt Plantation in Central Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 3, p. 391-395, 2007.

CANCELLO, E. M. **Revisão de Cornitermes Wasmann (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae)**. 1989. 151 f. Tese (Doutorado em Zoologia) - Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, São Paulo. 1989.

CARLINI, C. R.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Plant toxic proteins with insecticidal properties. A review on their potentialities as bioinsecticides. **Toxicon**, v. 40, p. 1515-1539, 2002.

CARVALHO, R. da S. Biocontrole de moscas-das-frutas: histórico, conceitos e estratégias. **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical - Circular técnica**, 2006. 83 p.

CASTRO JÚNIOR, P.R. **Dinâmica da água em campos de Murundus do planalto dos Parecis**. 2002. 193 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Geografia, São Paulo. 2002.

CAVADA, B. S. et al. Purification and characterization of a lectin from seeds of *Vatairea macrocarpa* Duke. **Phytochemistry**, v. 49, p. 675-680, 1998.

CAVADA, B. S. et al. Purification, chemical, and immunochemical properties of a new lectin from Mimosoideae (*Parkia discolor*). **Preparative Biochemistry & Biotechnology**, v. 30, p. 271-280, 2000.

CAVALCANTE, G. M.; MOREIRA, A. F. C.; VASCONCELOS, S. D. Potencialidade de extratos aquosos de essências florestais sobre mosca-branca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 9-14, 2006.

CHENG, S. S. et al. Larvicidal activity of tectoquinone isolated from red heartwood-type *Cryptomeria japonica* against two mosquito species. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 9, p. 3617-3622, 2008.

CHUANG, P. et al. Antifungal activity of crude extracts and essential oil of *Moringa oleifera* Lam. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 232-236, 2007.

CHUNG, I. M. et al. Chemical composition and larvicidal effects of essential oil of *Dendropanax morbifera* against *Aedes aegypti* L. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 37, n. 4, p. 470-473, 2009.

COELHO, L. C. B. B.; DA SILVA, M. B. R. Simple method to purify milligram quantities of the galactose-specific lectin from the leaves of *Bauhinia monandra*. **Phytochemical Analysis**, v. 11, p. 295-300, 2000.

COELHO, J. S. et al. Effect of *Moringa oleifera* lectin on development and mortality of *Aedes aegypti* larvae. **Chemosphere**, v. 77, p. 934-938, 2009.

COELHO, J. **Palma mais resistente a praga**. Recife, 2011. Disponível em: <<http://www.ceasepe.org.br/verNoticia.php?id=442>>. Acesso em: 15 dez. 2011.

CONSOLI, R. A. G. B., OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de Importância Sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 1994. 225 p.

CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 40, p. 387-448, 1999.

CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. **Journal of Applied Entomology**, n. 126, p. 355-365, 2002.

CONSTANTINO, R. **On-line Termites Database**. 2007. Disponível em: <<http://w.w.w.unb.br/ib/zoo/docente/constant/catal/catnew.html>>. Acesso em: 10 mai. 2011.

CORBELL J. B.; LUNDQUIST, J. J.; TOONE, E. J. A comparison of biological and calorimetric analyses of multivalent glycodendrimer ligands for concanavalin A. **Tetrahedron: Asymmetry**, v. 11, n. 1, p. 95-111, 2000.

CORDEIRO, C. K. et al. **Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam.** Acta Scientiarum. Technology, Brasil. 2008. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/5493/5493>>. Acesso em: 02 jul. 2011.

CORREIA, M. T. S.; COELHO, L. C. B. B. Purification of a glucose/mannose specific lectin, isoform 1, from seeds, of *Cratylia mollis* Mart. (camaratu bean). **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 55, p. 261-273, 1995.

CORREIA, M. T. S.; COELHO, L. C. B. B.; PAIVA, P. M. G. **Lectins carbohydrate recognition molecules: are they toxic?** In: SIDDIQUE, Y. H. Recent trends in toxicology. Kerala, India: Transworld Research Network, v. 37, p. 47-59, 2008.

COSTA-LEONARDO, A. M. **Cupins-praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro-SP: Divisa, 1ª ed. 2002. 128 p.

CONSTANTINO, R. Catalog of the living termites of the new world (insecta: isopetra). **Arquivos de Zoologia, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo**, v. 35, n. 2, p. 135-231, 1998.

COUTIÑO-RODRÍGUEZ, R.; HERNÁNDEZ-CRUZ, P.; GILES-RÍOS, H. Lectins in fruits having gastrointestinal activity: Their participation in the hemagglutinating property of *Escherichia coli* 0157:H7. **Archives of Medical Research**, v. 32, p. 251-257, 2001.

CRUZ, I. et al. Pragas: Diagnóstico e Controle. **Arquivo do Agrônomo**, n. 2, 2ª ed. 1995.

CUNHA, M. G. G. **Efeito da adição de fibra em dietas à base de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) sobre os parâmetros da fermentação ruminal e da digestibilidade em ovinos**. 1996. 70 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1996.

CUNHA, F. M. **Aspectos imunológicos e morfologia do canal alimentar de operários de *Nasutitermes coxipoensis* (Holmgren) (Isoptera: Termitidae)**. 2007. 44 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2007.

DALLA ROSA, K. R. *Moringa oleifera*: a perfect tree fohome gardens. **Hawai: NFTA, Agroforestry Species Highlights**, v. 1, 2 p., 1993.

DÉON, G. **Manual de Preservação da Madeira em Clima Tropical**. Série Técnica 3, Yokohama: ITTO, 1989. 116 p.

DHARMAGADDA, V. S. S. et al. Larvicidal activity of *Tagetes patula* essential oil against three mosquito species. **Bioresource Technology**, v. 96, p. 1235–1240, 2005.

DIMITRIJEVIC, R. et al. Evaluation of the thermal stability and digestibility of eterologously produced banana lectin. **Food Chemistry**, v. 120, p. 1113 –1118, 2010.

DOMINGOS, D. J. **Biologia, densidade e distribuição espacial de duas espécies de *Armitermes* (Termitidae) em cinco formações vegetais de cerrado**. 1980. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília. 1980.

EGGLETON, P. et al, The species richness (Isoptera) under differing levels of forest disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Camerron. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, p .85-98, 1995.

EGGLETON, P. et al. The diversity, abundance, and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, Southern Camerron. **Biological Sciences**, v. 351, n. 1335, p. 51-68, 1996.

ELEOTÉRIO, E. S. R.; BERTI FILHO, E.; Survey and identification of termites (Insecta: Isoptera) in a urban area of Piracicaba, state of São Paulo, Brazil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 125-139, 2000.

ENNOURI, M. et al. Effects of diet supplementation with cactus pear seeds and oil on serum and liver lipid parameters in rats. **Food Chemistry**, v. 101, p. 248-253, 2007.

ETZLER, M.E. Plant lectins: molecular and biological aspects. **Annual Review Plant Physiology**, Palo Alto, v. 36, p. 209-234, 1985.

EWART, K. V.; JOHNSON, S. C.; ROSS, N. W. Lectins of the innate immune system and their relevance to fish health. **Journal of Marine Science**, v. 58, p. 380-385, 2001.

FAIZI, S. et al. Hypotensive constituents from the pods of *Moringa oleifera*. **Planta Medica**, v. 64, p. 225-228, 1998.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa: SEBRAE/PB, 216 p., 2001.

FARIAS, I. et al. Harvest Managing and Plant Spacing of Spinelles Fodder Cactus, under Grain Sorghum Intercropping at the semi-arid Region of Pernambuco Satae, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 341-347, 2000.

FARIAS, S. G. G. et al. Responses of *Moringa oleifera* Lam. Plants Inoculated with Mycorrhizal Fungi and submitted to water stress. **Engenharia Ambiental**, Espirito Santo do Pinhal, v. 5, n. 3, p. 36-46, 2008.

FERNANDES, P. M.; ALVES, S. B. Controle de *Cornitermes cumulans* (Kollar, 1832) (Isoptera, Termitidae) com *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill e *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok em condições de campo. **Annals Society of Entomology**, Brasil, v. 20, p. 45-49, 1991.

FERREIRA, C. A. et al. Use of multivariate techniques in genetic divergence evaluation among Cactus Forage (*Opuntia ficus-indica* Mill) Clones. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1560-1568, 2003.

FERREIRA, R. S. et al. Coagulant and antibacterial activities of the water-soluble seed lectin from *Moringa oleifera*. **Letters in Applied Microbiology** 2011a doi:10.1111/j.1472-765X.2011.03089.x

FERREIRA, E. V. O. et al. Termites action on the soil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 804-811, 2011b.

FIGUEIREDO, L. R. *Nasutitermes*: uma nova ameaça para os grandes centros urbanos. **Boletim Bay Pro Profissional**, v. 3, p. 1-3, 2004.

FITCHES, E. et al. The insecticidal activity of recombinant garlic lectins towards aphids. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 38, n. 10, p. 905-915, 2008.

FONTES, L. R. **Cupins em áreas urbanas**. In: BERTI FILHO, E. (ed.), Alguns aspectos atuais da Biologia e Controle de Cupins. FEALQ, São Paulo, 512 p., 1995.

FRANCO-FRAGUAS, L. et al. Preparative purification of soybean agglutinin by affinity chromatography and its immobilization for polysaccharide isolation. **Journal of Chromatography Part B**, v. 790, p. 365-372, 2003.

FREIRE, M. G. **Isolamento, caracterização físico-química e estudo das atividades inseticida, microbicida e inflamatória da lectina de sementes de *Talísia Esculenta* (ST. HILL) RALDLAK. 2003**. 189 f. Tese (Doutorado em Bioquímica) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, São Paulo. 2001.

FREITAS, R. A. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 94-101, 2000.

GABOR, F.; KLAUSEGGER, U.; WIRTH, M. The interaction between wheat germ agglutinin and other plant lectins with prostate cancer cells Du-145. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 221, p. 35-47, 2001.

GALATI, E. M. et al. Biological effect of *Opuntia ficus indica* (L) Mill (Cactaceae) waste matter. **Journal Ethnopharmacol**, v. 79, p. 17-21, 2002a.

GALATI, E. M. et al. Study on the increment of the production of gastric mucus in rats treated with *Opuntia ficus indica* (L.) Mill Cladodes. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 83, p. 229-233, 2002b.

GALLO, D. et al. **Manual de Entomologia Agrícola**. São Paulo: Editora Agronômico Ceres, 1988. 649 p.

GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. FEALQ, Piracicaba – SP, p. 791-797, 2002.

GASSENSCHMIDT, U. et al. Isolation and characterization of a flocculating protein from *Moringa oleifera* Lam. **Biochemistry Biophysical Acta**, v. 13, p. 477-481, 1995.

GERDES, G. **O uso das sementes da árvore moringa para o tratamento de água turva**. Boletim Técnico ESPLAR - Centro de Pesquisa e Assessoria, Fortaleza, 1996. 13 p.

GERDES, G. **Como limpar e tratar água suja com sementes da moringa**. Boletim Técnico ESPLAR - Centro de Pesquisa e Assessoria, Fortaleza, 1997. 18 p.

GHEBREMICHAEL, K. A. et al. A simple purification and activity assay of the coagulant protein from *Moringa oleifera* seed. **Water Research**, v. 39, p. 2338-2344, 2005.

GHOSH, M. Purification of a lectin-like antifungal protein from the medicinal herb, *Withania somnifera*. **Fitoterapia**, v. 80, n. 2, 2008.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S. Resistência ao Ataque de Cupim-de-Madeira Seca (*Cryptotermes brevis*) em Seis espécies Florestais. **Cerne**, Universidade Federal de Lavras, v. 12, n. 1, p. 80-83, 2006.

GORELICK, E.; GALILI, U.; RAZ, A. On the role of cell surface carbohydrates and their binding proteins (lectins) in tumor metastasis. **Cancer and Metastasis Reviews**, v. 20, p. 245-277, 2001.

GRAY, R. J.; KOKUBUN, T. Plant-fungal interactions: the search for phytoalexins and other antifungal compounds from higher plants. **Phytochemistry**, v. 56, n. 3, p. 253-263, 2001.

GRUBHOFFER, L.; HYPSON, V. V. P. Lectins (hemagglutinins) in the gut of the important disease vectors. **Parasite**, v. 4, n. 3, p. 203-216, 1997.

GUEVARA A. P. et al. An antitumor promoter from *Moringa oleifera* Lam. **Mutation Research**, v. 440, p. 181-188, 1999.

HAWKINS, B. A.; CORNELL, H. V. **Theoretical approaches to biological control**. Cambridge: Cambridge University, 1999. 412 p.

HERDES, G. **O uso das sementes da árvore moringa para o tratamento da água turva**. Esplar, 1994. 13 p.

HOJO, M. et al. Identification of soldier-caste specific protein in the frontal gland of nasute termite *Nasutitermes takasagoensis* (Isoptera: Termitidae). **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 35, n. 4, p. 347-354, 2005.

HOLLIS, H.; SCHEINVAR, L. **El interesante mundo de las cactáceas**. México: Fondo de Cultura Económica, 1995. 235 p.

HSU, D. K.; LIU, F. T. Regulation of cellular homeostasis by galectins. **Glycoconjugate Journal**, v. 19, p. 507-515, 2004.

IHERING, R. V. **Dicionário dos animais do Brasil**. Rio de Janeiro - RJ: Bertrand Brasil Ltda, 2003. 898 p.

ITO, Y. Occurrence of lectins in leaves and flowers of *Sophora japonica*. **Plant Science**, v. 47, n. 2, p. 77-82, 1986.

JAHN, S. A. A. Proper use *Moringa oleifera* for food and water purification - Selection of clones and growing of annual short-stem. **Pflanzenzüchtung**, v. 4, p. 22-25, 1989.

JAYARAMAN, K. S. et al. Indian *Bt* gene monoculture, potential time bomb. **Nature Biotechnology**, v. 23, n. 158, 2005.

JIANG, L. et al. Expression, purification and characterization of a group of lectin-like peptides from the spider *Ornithoctonus huwena*. **Peptides**, v. 30, n. 4, p. 669-674, 2009.

JUNG, E. C. et al. A mushroom lectin from ascomycete *Cordyceps militaris*. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1770, p. 833–838, 2007.

KAMBHAMPATI, S.; EGGLETON, P. **Taxonomy and phylogeny of termites**. In: ABE, T.; BIGNELL, D. E.; HIGASHI, M. (eds.). *Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p. 1-23, 2000.

KATAYON, S. et al. Effects of storage conditions of *Moringa oleifera* seeds on its performance in coagulation. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 1455-1460, 2006.

KATRE U. V. et al. Structure-activity relationship of a hemagglutinin from *Moringa oleifera* seeds. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 42, p. 203-207, 2008.

KAUR, M. et al. A tuber lectin from *Arisaema helleborifolium* Schott with antiinsect activity against melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) and anti-cancer effect on human cancer cell. **Archives of Biochemistry Biophysics**, v. 445, p. 156–165, 2006.

KAWAGISHI, H. et al. Purification and characterization of a lectin from the mushroom *Mycoleptodonoides aitchisonii*. **Phytochemistry**, v. 56, p. 53-58, 2001.

KENNEDY, J. F. et al. Lectins, versatile proteins of recognition: a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 26, p. 219-230, 1995.

KEYAERTS, E. et al. Plant lectins are potent inhibitors of coronaviruses by interfering with two targets in the viral replication cycle. **Antiviral Research**, v. 75, p. 179–187, 2007.

KILPATRICK, D. C. Review Animal lectins: a historical introduction and overview. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1572, p. 187– 197, 2002.

KIRAN, S. R. et al. Composition and larvicidal activity of leaves and stem essential oils of *Chloroxylon swietenia* DC against *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensi*. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 2481-2484, 2006.

KONOZY, E. H. E. et al. Isolation, purification and physicochemical characterization of a Dgalactose- binding lectin from seeds of *Eritrina speciosa*. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, n. 410, p. 222-229, 2003.

KUBOTA, K. et al. Analysis of glycopeptides using lectin affinity chromatography with MALDI-TOF mass spectrometry. **Analytical Chemistry**, v. 80, p. 3693–3698, 2008.

LALAS, S.; TSAKINS, J. Characterization of *Moringa oleifera* seed oil variety “Periyakulam 1”. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, p. 65- 77, 2002.

LAM, S. K.; NG, T. B. A protein with antiproliferative, antifungal and HIV-1 reverse transcriptase inhibitory activities from caper (*Capparis spinosa*) seeds. **Phytomedicine**, v. 16, n. 5, p. 444-450, 2008.

LAZZARINI, G. M. J. **Efeito da umidade sobre a germinação in vitro de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* e atividade contra *Triatoma infestans***. 2005. 46 f.

Dissertação (Mestrado em Parasitologia) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, Goiânia. 2005.

LEE, E. B. et al. Effects of *Opuntia ficus indica* var. *saboten* stem on gastric damages in rats. **Archives of Pharmacal Research**, v. 25, p. 67–70, 2002.

LEFFLER, A. L. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Editora Sarvier, p. 87-119, 2004.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Editora Sarvier, 4ª ed., 2006. 1232 p.

LEHTONEN, R.; PAHLONEN, E. **Practical methods for design and analysis of complex surveys**. New York: John Wiley & Sons, 2ª ed., 2004. 283 p.

LELIS, A. T. et al. **Biodeterioração de madeiras em edificações**. São Paulo- SP: Instituto de Pesquisa Tecnológica, 1ª ed., 2001. 54 p.

LI, X. C. et al. Fatty Acid Synthesis Inhibitors from Plants: Isolation, Structure Elucidation, and SAR Studies. **Journal of Naural Products**, v. 65, p. 1909-1914, 2002.

LIENER, I. E.; SHARON, N.; GOLDSTEIN, I. J. **The Lectin: Properties, Functions, and Applications in Biology and Medicine**. Orlando: Academic Press, 1986. 600 p.

LIMA-RIBEIRO, M. S. et al. Associação de *Constrictotermes cyphergaster* Silvestri (Isoptera: Termitidae) com espécies Arbóreas do Cerrado Brasileiro. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 1, p. 49-55, 2006.

LIMA, J. T.; COSTA-LEONARDO, A .M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, p. 243-250. 2007.

LIN, L. et al. Molecular cloning and characterization of a mannose-binding lectin gene from *Pinellia cordata*. **Molecular Biology Reports**, v. 35, n. 4, p. 641–647, 2008.

LIS, H.; SHARON, N. Lectins: Carbohydrate-specific proteins that mediate cellular recognition. **Chemical Reviews**, v. 98, p. 637-734, 1998.

LIU, B.; BIAN, H. J.; BAO, J. K. Plant lectins: Potential antineoplastic drugs from bench to clinic. **Cancer Letters**, v. 287, n. 1, p. 1-12, 2009.

LOGAN, J. W. M.; COWIE, R. H.; WOOD, T. G. Termite (Isoptera) control in agriculture and forestry by non-chemical methods: a review. **Bulletin of Entomological Research**, v. 8, n. 3, p. 309-330, 1990.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 347 p.

LORIS, R. et al. Legume lectin structure. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1383, p. 9-36, 1998.

LORIS, R. Principles of Structures of Animal and Plant Lectins. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1572, p. 198-208, 2002.

LORO, J. F.; DEL RIO, I.; PÉREZ-SANTANA, L. Preliminary studies of analgesis and anti-inflammatory properties of *Opuntia dillenii* aqueous extract. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 67, p. 213–218, 1999.

LUNA, J. E. D. et al. Susceptibilidade de *Aedes aegypti* aos inseticidas temephos e cipermetrina, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 38, p. 842-843, 2004.

LUNA, J. S. et al. A study of the larvicidal and molluscicidal activities of some medicinal plants from northeast Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 97, p. 199-206, 2005.

LUZ, L. A. **Purificação, caracterização e determinação de atividade coagulante da lectina de sementes de *Moringa oleifera***. 2009. 43 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Fisiologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas, Recife. 2009.

LUZ, L. A. et al. Potencial Antibacteriano da Lectina Coagulante de Sementes de *Moringa oleifera* (cMoL). In: Encontro Nacional de Moringa, 2, 2010. Aracaju – SE, **Anais...** 2010.

MACEDO, M. L. R. et al. Talisia esculenta lectin and larval development of *Callosobruchus maculatus* and *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1571, n. 2, p. 83-88, 2002.

MACEDO, M. L. R. et al. Purification and characterization of an N-acetylglucosamine binding lectin from *Koeleria paniculata* seeds and its effect on the larval development of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 10, p. 2980-2986, 2003.

MACEDO, M. L. R. et al. Insecticidal action of *Bauhinia monandra* leaf lectin (BmoLL) against *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae), *Zabrotes subfasciatus* and *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Comparative Biochemistry and Physiology – Part A**, v. 146, p. 486–498, 2007.

MACHUKA, J. S. et al. Isolation and partial characterisation of galactose-specific lectins from African Yam beans, *Sphenostyles stenocarpa* Harms. **Phytochemistry**, v. 51, p. 721-728, 1999.

MACIEL, E. V. M. **Determinação do Efeito Mitogênico das Lectinas de *Cratylia mollis* sobre Linfócitos Humanos Utilizando um Método Colorimétrico**. 2002. 54 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Fisiologia) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas, Recife. 2002.

MAIRESSE, L. A. S. **Avaliação da bioatividade de extratos de espécies vegetais enquanto excipientes de aleloquímicos**. 2005. 330 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Santa Maria. 2005.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. **Journal of Agricultural Science**, v. 128, n. 3, p. 311-322, 1997.

MARBAN-MENDONZA, N.; DICKLOW, M.B.; ZURCKERMAN, B.M. Control of *Meloidogyne incognita* on tomato by two leguminous plants. **Fundamental and Applied Nematology**, v. 15, p.87-108, 1992.

MARTIN-CABREJAS, M. A. et al. Hard-to-cook phenomenon in beans: changes in antinutrient factors and nitrogenous compounds during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 69, n. 4, p. 429-435, 1995.

MARTÍNEZ-CRUZ, M; ZENTENO, E.; CÓRDOBA, F. Purification and characterization of a galactose-specific lectin from corn (*Zea mays*) coleoptyle. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1568, p. 37-44, 2001.

MARTIUS, C. Diversity and ecology of termites in Amazonian forest. **Pedobiology**, v. 38, p. 407-428, 1994.

MATOS, F. J. A. **Farmácias vivas: sistema de utilização de plantas medicinais projetados para pequenas comunidades**. Fortaleza: EUFC, 3ª ed., 1998. 220 p.

MATTER, H. E. The utilization of *Opuntia* of livestock. **Animal Research and Development**, v. 23, n. 1, p. 107-115, 1986.

MCCONHACHIE, G. L. et al. Field trials of appropriate hydraulic flocculation processes. **Water Research**, v. 33, p. 1425-1434, 1999.

MEDELLÍN, M. C.; SALDÍVAR, S. S.; LA GARZA, J. V. Efecto de la ingestión de nopal crudo y cocido (*Opuntia ficus indica*) en el crecimiento y perfil de colesterol total, lipoproteína y glucosa en sangre de ratas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 48, p. 316-323, 1998.

MEDINA, E. M. D.; RODRÍGUEZ, E. M. R.; ROMERO, D. Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus indica* fruits. **Food Chemistry**, v. 103, p. 38-45, 2007.

MELO-SANTOS, M. A. V. et al. Long lasting persistence of *Bacillus thuringiensis* serovar. *israelensis* larvicidal activity in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) breeding places is associated to bacteria recycling. **Biological Control**, v. 49, p. 186-219, 2009.

MEYLING, N. V.; EILENBERG, J. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: potential for conservation biological control. **Biological Control**, v. 43, p.145-155, 2007.

MILL, A. E. Observations on Brazilian termite alate swarm and some structures used in the dispersal of reproductives (Isoptera, Termitidae). **Journal of Natural History**, v. 17, p. 309-320, 1983.

MIRANDA, J. R. P. et al. Silício e Cloreto de Sódio na Nutrição Mineral e Produção de Matéria Seca de Plantas de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 957-965, 2002.

MIURA, T.; ROISIN, Y.; MATSUMOTO, T. Molecular phylogeny and biogeography of the nasute termite genus *Nasutitermes* (Isoptera: Termitidae) in the Pacific tropics. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2000.

MOREIRA, R. A. et al. Plant lectins, chemical and biological aspects. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 86, n. 2, p. 211-218, 1991a.

MOREIRA, R. A. et al. **Lectinas de Plantas**. In: Proceedings of the First Brazilian Congress on Proteins. São Paulo: Editora da Unicamp, p. 71-96, 1991b.

MURDOCK, L. L. et al. Biological effects of plant lectins on the cowpea weevil. **Phytochemistry**, v. 29, n. 1, p. 85-89, 1990.

MYLES, T. G. Dealation in termites (Isoptera). **Sociobiology**, v. 14, p. 61-88, 1988.

NAPOLÊÃO, T. H. et al. Effect of *Myracrodruon urundeuva* leaf lectin on survival and digestive enzymes of *Aedes aegypti* larvae. **Parasitology Research**, doi:10.1007/s00436-011-2529-7. 2011a.

NAPOLÊÃO, T. H. et al. Termiticidal activity of lectins from *Myracrodruon urundeuva* against *Nasutitermes corniger* and its mechanisms. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 65, p. 52-59, 2011b.

NASCIMENTO, C. O. et al. Optimized extraction of a lectin from *Crataeva tapia* bark using AOT in isooctane reversed micelles. **Process Biochemistry**, v. 43, p. 779-782, 2008.

NASI, A., PICARIELLO, G., FERRANTI, P. Proteomic approaches to study structure, functions and toxicity of legume seeds lectins. Perspectives for the assessment of food quality and safety. **Journal of Proteomics**, v. 72, p. 527-538, 2009.

NDUMU, P. A.; GEORGE, J. B. D.; CHOUDHURY, M. K. Toxicity of neem seed oil (*Azadiracta indica*) against the larvae of *Amblyomma variegatum* a three-host tick in cattle. **Phytotherapy Research**, v. 13, n. 6, p. 532-534, 1999.

NG, T. B.; YU, Y. L. Isolation of a novel heterodimeric agglutinin from rhizomes of *Smilax glabra*, the Chinese medicinal material tufuling. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 33, p. 269-277, 2001.

NISHIMURA, H. Aroma constituents in plants and their repellent activities against mosquitoes. **Aroma Research**, v. 2, p. 257-267, 2001.

NOIROT, C. **Differentiation of Reproductives in higher termites**. In: Caste differentiation in social insects. Oxford: Pergamon press, p. 177-186. 1985.

NOMURA, K. et al. Purification and characterization of a mannose/glucose-specific lectin from *Castanea crenata*. **Phytochemistry**, v. 49, p. 667-673, 1998.

NORRIS, D. M.; KOGAN, M. **Bases bioquímicas y morfológicas de la resistência**. In: Melhoramento de Plantas Resistentes a Insectos. Editorial Limusa S. A., p. 43-80, 1984.

NUNES, E. S. et al. Purification of a lectin with antibacterial activity from *Bothrops leucurus* snake venom. **Comparative Biochemistry and Physiology – Part B**, v. 159, p. 57–63, 2011.

OLIVEIRA, J. T. A. et al. Compositional and nutritional attributes of seeds from the multiple purpose tree *Moringa oleifera* Lamarck. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, p. 815-820, 1999.

OLIVEIRA, V. C. **Germinação de sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.)**. 2000. 29 f. Monografia Graduação – Universidade Federal do Céara, Fortaleza. 2000.

OLIVEIRA, M. A. et al. Production of fungal protein by solid substrate fermentation of cactus *Cereus peruvianus* and *Opuntia ficus indica*. **Química Nova**, v. 24, n. 3, p. 307–310, 2001.

OLIVEIRA, J. T. A. et al. Purification and physicochemical characterization of a cotyledonary lectin from *Luetzelburgia auriculata*. **Phytochemistry**, v. 61, p. 301- 310, 2002.

OLIVEIRA, M. R. T. R. **Avaliação *in vitro* do efeito de lectinas de sementes de *Talisia esculenta* e *Labramia bojeri* sobre o biofilme oral**. 2005. 51 f. Dissertação – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, São Paulo. 2005.

OLIVEIRA, C. F. R. et al. Evaluation of seed coagulant *Moringa oleifera* lectin (cMoL) as abioinsecticidal tool with potential for the control of insects. **Process Biochemistry**, v. 46, p. 498-504, 2011.

OMENA, M. C. et al. Larvicidal activities against *Aedes aegypti* of some Brazilian medicinal plants. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 2549-2556, 2007.

PÁDUA, G. P.; VIEIRA, R. D. Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 255-262, 2001.

PAES, J. B.; MORAES, V. M.; LIMA, C. R. Resistência das madeiras de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), cássia (*Senna siamea*) e ipê (*Tabebuia impetiginosa*) a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Floresta e Ambiente**, v. 9, p. 135-144, 2002.

PAES, J. B. et al. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, p. 57–62, 2007.

PALADA, M. C. *Moringa (Moringa oleifera* Lam.): a versatile tree crop with horticultural potential in the Subtropical United States. **HortScience**, v. 31, n. 5, p. 794-797, 1996.

PARK, E. H. et al. An anti-inflammatory principle from cactus. **Fitoterapia**, v. 72, p. 288–290, 2001.

PAVELA, R. Larvicidal property of essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). **Industrial Crops and Products**, v. 30, p. 311–315, 2009.

PAZ, P. L. P.; MEDINA I. M. **Catálogo de las plantas medicinales de la flora canária: Aplicaciones populares**. Spain: Instituto de Estudios Canarios, 1988. 175 p.

PAZ, P. L. P.; PADRÓN, C. H. **Plantas medicinales o útiles en la flora canária: Aplicaciones Populares**. Spain: Francisco Lemus, 1999. 98 p.

PEDINI, V. et al. Glycoconjugate characterization in the intestine of *Umbrina cirrosa* by means of lectin histochemistry. **Journal of Fish Biology**, v. 61, p. 1363-1372, 2002.

PEREIRA NETO, L. F. S. et al. O Uso de *Moringa oleifera* como Purificador Natural de Alimentos. In: 4ª Semana do Servidor e 5ª Semana Acadêmica, 2008. Uberlândia, MG, **Anais...** 2008.

PERFUMI, M.; TACCONI, R. Antihyperglycemic effect of fresh *Opuntia dillenii* fruit from Tenerife. **Pharmaceutical Biology**, v. 34, n. 1, p. 41-47, 1996.

PEUMANS, W. J.; VAN DAMME, E. J. M. Lectin as plant defense proteins. **Plant-Physiology**, v. 109, n. 2, p. 347–352, 1995.

PEUMANS, W. J.; VAN DAMME, E. J. M. Plant lectins: versatile proteins with important perspectives in Biotechnology. **Biotechnology and Genetic Engineering Reviews**, p. 199-228, 1998.

PIO CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: MA/IBDF, v. 5, p. 233-234, 1984.

POHLEVEN, J. et al. Purification, characterization and cloning of a ricin B-like lectin from mushroom *Clitocybe nebularis* with antiproliferative activity against human leukemic T cells. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1790, n. 3, p. 173-181, 2009.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

PUSZTAI, A. **Lectins**. In: CHEEK, P.R. Toxicants of plant origin: proteins and aminoacids. Boca Raton: CRC Press, v. 3, p. 29-71, 1989.

RABINOVICH, G. A.; RIERA, C. M.; SOTOMAYOR, C. E. Galectin-1, an alternative signal for T cell death, is increased in activated macrophages. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 32, p. 557-567, 1999.

RATANAPO, S.; NGAMJUNYAPORN, W.; CHULAVATNATOL, M. Interaction of a mulberry leaf lectin with a phytopathogenic bacterium, *P. syringae* pv *mori*. **Plant Science**, v. 160, p. 739-744, 2001.

REDFORD, K. H. The termitaria of *Cornitermes cumulans* (Isoptera, Termitidae) and their role in determining a potential keystone species. **Biotropica**, v. 16, p. 112 – 119, 1984.

REIS, Y.T.; CANCELLO, E.M. Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. **Série Zoologia**, v. 97, p. 229-234, 2007.

ROLIM, L. A. D. M. M. **Purificação da lectina de sementes de *Moringa oleifera* (WSMoL) e avaliação da genotoxicidade**. 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas, Recife. 2007.

ROLIM, L. A. D. M. M. et al. Genotoxicity evaluation of *Moringa oleifera* seed extract and lectin. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 2, p. 53–58, 2011.

RÜDIGER, H.; GABIUS H. J. Plant lectins: Occurrence, biochemistry, functions and applications. **Glycoconjugate Journal**, v. 18, n. 8, p. 589-613, 2001.

SÁ, R. A. et al. Induction of mortality on *Nasutitermes corniger* (Isoptera, Termitidae) by *Myracrodruon urundeuva* heartwood lectin. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 62, p. 460–464, 2008.

SÁ, R. A. et al. Antioxidant, *Fusarium* growth inhibition and *Nasutitermes corniger* repellent activities of secondary metabolites from *Myracrodruon urundeuva* heartwood. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 63, p. 470-477, 2009a.

SÁ, R. A. et al. Larvicidal activity of lectins from *Myracrodruon urundeuva* on *Aedes aegypti*. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part C**, v. 149, p. 300 - 306, 2009b.

SACCHETTINI, J. C.; BAUM, L. G.; BREWER, C. F. Multivalent protein-carbohydrate interactions. A new paradigm for supermolecular assembly and signal transduction. **Biochemistry**, v. 40, p. 3009-3015, 2001.

SAENZ, C. et al. Natural liquid sweetener from cactus pear: obtention and characteristics. **Acta Horticulturae**, v. 438, p. 135–138, 1996.

SANTANA, M. A. et al. A novel and efficient and low-cost methodology for purification of *Macrotyloma axillare* (Leguminosae) seed lectin. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 43, p. 352–358, 2008.

SANTANA, G. M. S. et al. Isolation of lectin from *Opuntia ficus indica* cladodes. **Acta Horticulturae**, v. 811, p. 281-286, 2009.

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; FARIAS, I. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus indica* Mill) e miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) na produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 19, n. 6, p. 504-511, 1990.

SANTOS, M. V. E.; LIRA, M. A.; FARIAS, I. Efeito do período de armazenamento pós-colheita sobre o teor de matéria seca e composição química das palmas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 777-783, 1992.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. **A palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) em Pernambuco: cultivo e utilização**. Recife: IPA, 1997. 23 p.

SANTOS, D. C. et al. Productive Performance of 5/8 Holstein/Zebu Dairy Cows Fed Different Cactus Forage Cultivars (*Opuntia* and *Nopalea*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 12-17, 2001.

SANTOS, A. F. S. et al. Detection of water soluble lectin and antioxidant component from *Moringa oleifera* seeds. **Water Research**, v. 39, p. 975–980, 2005.

SANTOS, B. S. et al. Lectin functionalized quantum dots for recognition of mammary tumors. **SPIE Digital Library**, v. 6096, p. 1J-8J, 2006.

SANTOS, N. D. L. **Efeito da lectina de sementes de *Moringa oleifera* (WSMoL) sobre o desenvolvimento larval e mortalidade de *Aedes aegypti***. 2009. 73 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Fisiologia) – Universidade Federal de Pernambuco, centro de Ciências Biológicas, Recife. 2009.

SANTOS, A. F. S. et al. Isolation of a seed coagulant *Moringa oleifera* lectin. **Process Biochemistry**, n. 44, p. 504-508, 2009.

SATO, Y. et al. Purification and characterization of a novel lectin from a freshwater cyanobacterium, *Oscillatoria agardhii*. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part B**, v. 125, p. 169-177, 2000.

SAWAYA, W. N. et al. Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus indica*, and the manufacturing of prickly pear jam. **Journal of Food Technology**, v. 18, p. 183–193, 1983.

SCHEFFRAHN, R. H. et al. *Nasutitermes costalis* (Isoptera: Termitidae) in Florida: first record of a non-endemic establishment by a higher termite. **Florida Entomologist**, v. 85, n. 1, p. 273-275, 2002.

SCHLÜTER, M. A. **Avaliação de extratos vegetais no controle de *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) sob diferentes pressões populacionais a campo**. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Santa Maria. 2006.

SHARON, N. Lectin-carbohydrate complexes of plants and animals: an atomic view. **Trends in Biochemical Sciences**, v. 18, p. 221-226, 1993.

SHARON, N.; LIS, H. **The structural basis for carbohydrate recognition by lectins**. In: WU, A. M. The molecular Immunology of Complex Carbohydrates-2. Taiwan: Kluwer Academic/Plenum Publishers, p. 1-19, 2001.

SILVA, A. R.; KERR, W. E. **Moringa: uma nova hortaliça para o Brasil**. Uberlândia: UFU/DIRIU, 1999, 95 p.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Fatores Antinutricionais: Inibidores de Proteases e Lectinas. **Revista Nutrição**, v. 13, n. 1, p. 3-9, 2000.

SILVA, M. D. C. et al. Purified *Cladonia verticillaris* lichen lectin: Insecticidal activity on *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae). **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 63, p. 334–340, 2009.

SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. **Forage Palm (*Opuntia ficus indica* Mill) as alternative in ruminant feeding**. Revista Electrónica de Veterinaria, v 7, n. 10, 2006. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101006.html>>. Acesso em: 25 abr. 2011

SINGH, R. S.; TIWARY, A. K.; KENNEDY, J. F. Lectins: Sources, and applications. **Critical Reviews in Biotechnololy**, v. 19, p. 145-178, 1999.

SOUSA, A. H. et al. Depths and Sowing Positions in the Emergency and Development of Water-Cooler Seedlings. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 56-60, 2007.

STUMPP, E. et al. Assessment of sustainability and the effectiveness of natural treatments of forested woods in the State of Rio Grande do Sul for the control of drywood termites. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 2, p. 21-31, 2006.

SU, N. Y.; TOKORO, M.; SCHEFFRAHN, R. M. Estimating oral toxicity of slowacting toxicants against subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 87, p. 398-401, 1994.

SULAGNA, B. A. S. et al. A biologically active lectin of enteroaggregative *Escherichia coli*. **Biochimie**, v. 86, p. 657-666, 2004.

TABASHNIK, B. E. Breaking the code of resistance. **Nature Biotechnology**, v. 19, p. 922–924, 2001.

TATENO, H. Purification, characterization molecular and expression of novel members of jacalin-related lectins from rhizomes of the true fern *Plebidium aureum* (L.) J. Smith (Polypodiaceae). **Journal Biology Chemistry**, v. 278, p.10891-10899, 2003.

TAYLOR, M.; DRICKAMER, K. **Introduction to Glycobiology**. Oxford University Press, 2003. 253 p.

TEIXEIRA, J. C. et al. Cinética da digestão ruminal da palma forrageira. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 1, p. 179-186, 1999.

THAKUR, A. et al. Purification and characterization of lectin from fruiting body of *Ganoderma lucidum*. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1770, p. 1404–1412, 2007.

THORNE, B. L. Térmito terminology. **Sociobiology**, v. 28, n. 3, p. 253-263, 1996.

TRIGUEIROS, V. et al. Xerocomus chrysenteron lectin: identification of a new pesticidal protein. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1621, p. 292-298, 2003.

VALÉRIO, J. R.; BUAINAIN-ALVES, C. M.; OLIVEIRA, M. C. M. Avaliação de inseticidas no controle do cupim de montículo, *Cornitermes cumulans* (Kollar) (Isoptera: Termitidae) em pastagens. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 23, p. 19-24, 1994.

VAN DAMME, E. J. M. et al. Molecular cloning of the bark and seed lectins from the Japanese pagoda tree (*Sophora japonica*). **Plant Molecular Biology**, v. 33, p. 523-536, 1997.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell: Cornell University Press, 2ª ed., 1994. 476 p.

VASCONCELOS, A. et al. Termites that build conspicuous nests in two areas of Atlantic Forest under different levels of anthropogenic disturbance. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 1, p. 15-19, 2008.

VENDRAMIM, J. D.; CASTIGLIONI, E. **Aleloquímicos, resistência de plantas e plantas inseticidas**. In: Bases e técnicas do manejo de insetos. Santa Maria: Editora Pallotti, p. 113-128, 2000.

VIEGAS JR., C. Terpenos com atividade inseticida: Uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 390-400, 2003.

VIEIRA, P. C.; FERNANDES, J. B. **Plantas inseticidas**. In: SIMÕES, C. M. O. (eds). Farmacognosia: da Planta ao Medicamento. Florianópolis/Porto Alegre: Editoras UFSC e UFRGS, 1ª ed., 1999.

WANDERLEY, W. L. et al. Replacement of Forage Cactus (*Opuntia ficus indica* Mill) for Sorghum Silage (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in the Dairy Cows Feeding. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 273-281, 2002.

WANG, H. X.; NG, T. B. Concurrent isolation of a Kunitz-type trypsin inhibitor with antifungal activity and a novel lectin from *Pseudostellaria heterophylla* roots. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 342, p. 349-353, 2006.

WANG, X. W. et al. A novel C-type lectin (FcLec4) facilitates the clearance of *Vibrio anguillarum* in vivo in Chinese white shrimp. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 33, p. 1039-1047, 2009.

WARHURST, A. M.; McCONNACHIE, G. L.; POLLARD, S. J. T. The production of activated carbon for water treatment in Malawi from the waste seed husks of *Moringa oleifera*. **Water Science Technology**, v. 34, n. 11, p. 117-184, 1996.

WARHURST, A. M.; McCONNACHIE, G. L.; POLLARD, S. J. T. Characterisation and applications of activated carbon produced from *Moringa oleifera* seed husks by single-step steam pyrolysis. **Water Research**, v. 31, n. 4, p. 759-766, 1997.

WARNECKE, F. et al. Metagenomic and functional analysis of hindgut microbiota of a wood-feeding higher termite. **Nature**, v. 450, p. 560-565, 2007.

WITITSUWANNAKUL, R.; WITITSUWANNAKUL, D.; SAKULBORIRUG, C. A lectin from the bark of the rubber tree (*Hevea brasiliensis*). **Phytochemistry**, v. 47, p. 183- 187, 1998.

WONG, J. H.; NG, T. B. Purification of a trypsin-stable with antiproliferative and HIV-1 reverse transcriptase inhibitory activity. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 301, p. 545-550, 2003.

YANG, Y. C. et al. Repellency of aromatic medicinal plant extracts and a steam distillate to *Aedes aegypti*. **Journal of American Mosquito Control Association**, v. 20, n. 2, p. 146-149, 2004.

ZHAO, J. K.; WANG, H. X.; NG, T. B. Purification and characterization of a novel lectin from the toxic wild mushroom *Inocybe umbrinella*. **Toxicon**, v. 53, p. 360-366, 2009.

ZHU-SALZMAN, K.; SALZMAN, R. A. Functional mechanics of the plant defensive *Griffonia simplicifolia* lectin II: resistance to proteolysis is independent of glycoconjugate binding in the insect gut. **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 1280-1284, 2001.

ZORZENON, F. J.; JUSTI JUNIOR, J. **Manual Ilustrado de Pragas Urbanas e Outros Animais Sinantrópicos**. São Paulo: Instituto Biológico, 2006. 151 p.

ZORZENON, F. J.; POTENZA, M. R. Cupins: Pragas em áreas urbanas. **Boletim Técnico: Instituto Biológico - São Paulo**, n. 18, 2006. 66 p.

5. ARTIGO PUBLICADO

Effect of lectins from *Opuntia ficus indica* cladodes and *Moringa oleifera* seeds on survival of *Nasutitermes corniger*

International Biodeterioration & Biodegradation
Qualis B2 – Área Ciências Biológicas I

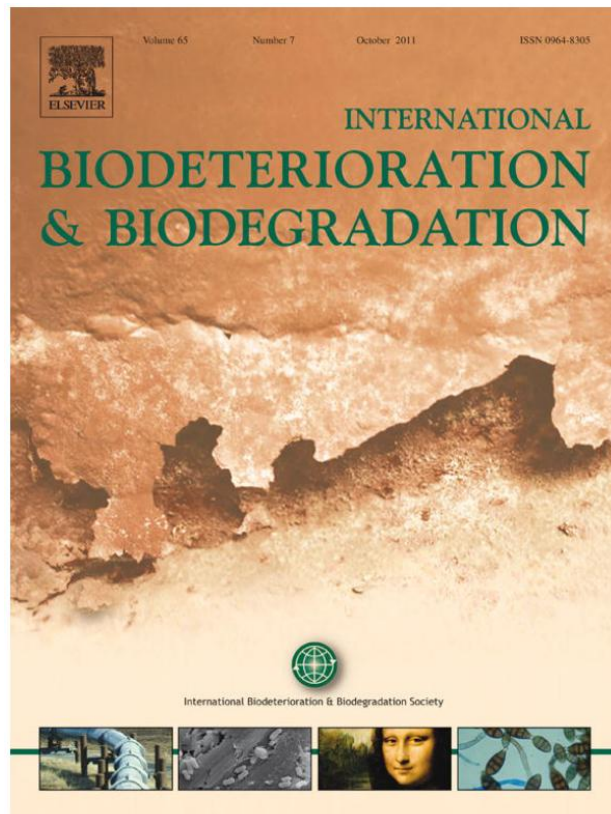
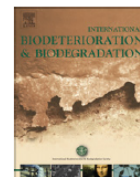


Figura 13. Capa do periódico International Biodeterioration & Biodegradation
Fonte: <http://environmental.elsevier.com/journals/?page=2>



Contents lists available at ScienceDirect

International Biodeterioration & Biodegradation

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ibiodEffect of lectins from *Opuntia ficus indica* cladodes and *Moringa oleifera* seeds on survival of *Nasutitermes corniger*

Patrícia M.G. Paiva^{a,*}, Giselly M.S. Santana^a, Igor F.A.C. Souza^a, Lidiane P. Albuquerque^a, Afonso C. Agra-Neto^a, Auristela C. Albuquerque^b, Luciana A. Luz^a, Thiago H. Napoleão^a, Luana C.B.B. Coelho^a

^a Departamento de Bioquímica-CCB, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE 50670-420, Brazil

^b Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Dois Irmãos, Recife, PE 52171-030, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21 March 2011

Received in revised form

24 May 2011

Accepted 28 May 2011

Available online 11 August 2011

Keywords:

Termite

Lectin

*Opuntia ficus indica**Moringa oleifera**Nasutitermes corniger*

ABSTRACT

Biodegradation by termites is a serious problem for wood and crop industries worldwide, and new environmentally friendly alternatives for termite control have been developed. This work investigated the effects of crude and purified preparations containing lectins from *Opuntia ficus indica* cladodes (OfiL) and *Moringa oleifera* seeds (WSMoL and cMoL) on *Nasutitermes corniger* workers and soldiers. Purified OfiL was more active than cladode extracts, showing a stronger termiticidal activity against workers (LC₅₀ of 0.116 mg ml⁻¹) than against soldiers. OfiL was active against soldiers only at 1.5 mg ml⁻¹. All preparations containing WSMoL and cMoL were active only at concentrations of 1.0 and 1.5 mg ml⁻¹. The tested preparations did not exert repellent activity against *N. corniger*. OfiL was able to kill workers and therefore is potentially a new tool for *N. corniger* control; as a consequence, this lectin could disturb organization, structure, and maintenance of termite colonies.

© 2011 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

The use of chemical insecticides is still the main strategy used to control insect pests in agriculture. However, when applied on a large scale, these products have been associated with the emergence of resistant pest populations as well as damage to the environment and human health (Barros et al., 2006; Leite et al., 2007; Liu et al., 2011). Phytoinsecticides have been intensively studied in programs of integrated pest management, and today they are considered an effective and environmentally friendly alternative (Bernardi et al., 2010). When compared to ordinary chemical insecticides, these products generally present lower persistence and residual action, being more rapidly degraded. Although bioinsecticides may not be as effective as synthetic chemicals, they minimize the risk of elimination of beneficial species, decrease the emergence of resistant populations and phytotoxicity, and reduce human health hazards (Menezes, 2005).

Insecticidal activity of lectins – hemagglutinating proteins with carbohydrate-binding ability – against agricultural insect pests has

been reported for *Bauhinia monandra* leaf lectin on *Callosobruchus maculatus*, *Zabrotes subfasciatus*, and *Anagasta kuehniella* (Macedo et al., 2007). The lectins from *Arisaema intermedium* and *Arisaema wallichianum* have been reported to delay the development of the melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae*, inhibiting pupation and emergence (Kaur et al., 2009). Induction of mortality on *Acyrtosiphon pisum* (pea aphid) and *Myzus persicae* (green peach aphid) were observed after exposure to lectins from *Allium sativum* and *Xerocomus chrysenteron*, respectively (Fitches et al., 2008; Jaber et al., 2008). Chitin-binding lectins are able to interact with chitinous structures in insect guts, promoting deleterious effects (Coelho et al., 2009).

Termites belong to a group of decomposer insects called Isoptera, closely related to cockroaches. They are long-lived eusocial insects that form large colonies consisting of reproductive forms, sterile workers, soldiers, and immature individuals. These insects produce their nests in trees, roots, or soil, since they are able to feed on woody tissue of plants, intact or partially decayed, as well as leaf litter, soil, and animal dung (Scheffrahn et al., 2002; Verma et al., 2009). Termites are abundant in tropical and subtropical regions, where their tunneling efforts help aerate the soil; also, these organisms help in breaking down and recycling plant materials (Thompson, 2000; Costa-Leonardo, 2002; Verma et al., 2009).

* Corresponding author. Tel.: +558121268540; fax: +558121268576.
E-mail address: ppaivaufpe@yahoo.com.br (P.M.G. Paiva).

Termites also improve soil quality by ingesting and transporting organic and mineral particles; they are nitrogen fixers and can function as bio-indicators of environmental quality and soil fertility in agriculture ecosystems (Brown, 1997; Kaschuk et al., 2006; Yamada et al., 2006).

However, their specialization to feed on cellulosic materials, along with the ability to damage harvested kernels, have given termites the reputation of being among the most important pests, due to the economic losses they cause. These insects destroy wood, building materials, and other commercial products (Meyer, 2005; Verma et al., 2009). Biodegradation by termites is considered the most serious problem in the wood industry, and severe economic losses caused by termite action have been reported worldwide (Meyer, 2005). In China, the economic losses exceed 200 million dollars a year, while in Japan values reach 800 million/year and in the U.S. these losses are above 1 billion/year; in Brazil termites were responsible for 42.7% of the overall damage to buildings (Zhong and Liug, 2002; Verma et al., 2009). Miranda et al. (2004) showed that *Cryptotermes nordenskiöldi* damages sugarcane crops and *Amitermes nordestinus* is a potential pest in this culture. Joshi et al. (2005) and Constantino (2007) have reported on termites damaging maize, eucalyptus, and rice.

Controlling termites is a complex task, since these insects live in highly organized colonies. Due to this difficulty, different termite-control methods have historically been devised (Myles, 2005). Physical barriers to termites include the use of heat, freezing, electricity, and even microwaves. However, chemical treatment stands as the most widely adopted approach to reduce infestation by termites and includes soil termiticidal injection, baits, and chemical fumigation. Plant-derived biopesticides, nematodes, bacteria, and fungi have several desirable properties such as insecticidal, repellent, and deterrent action that inhibit feeding activities, apart from acting as insect growth regulators (Bogús et al., 2005; Chai et al., 2007; Zhou et al., 2007; Bedmutha et al., 2011).

Nasutitermes corniger Motsch. (Isoptera, Termitidae) is broadly distributed in America, being found from southern Mexico to northern Argentina. In the urban environments of the Brazilian semi-arid region, *N. corniger* has been responsible for the destruction of furniture as well as of building structures (Paes et al., 2002). Termiticidal activity on *N. corniger* has been reported for lectins isolated from *Cladonia verticillaris* lichen, *B. monandra* secondary roots, and *Myracrodruon urundeuva* bark, heartwood, and leaf, as well as secondary metabolites from *Bowdichia virgilioides*, *Anadenanthera colubrina*, and *Hymenaea stigonocarpa* (Sá et al., 2008; Silva et al., 2009; Santana et al., 2010; Napoleão et al., 2011; Souza et al., 2011). The termiticidal activities of lectins were reported recently, and commercial formulations are currently being developed. In this work, the insecticidal activity of lectins aroused our interest in shedding new light on how plants could be used as novel sources of these proteins as bioactive agents against *N. corniger*.

Cladodes of *Opuntia ficus indica* Mill. are used in folk medicine for their diuretic, antiulcer, and wound-healing properties (Galati et al., 2001, 2002; Trombetta et al., 2006). Chitin-binding lectin isolated from *O. ficus indica* cladodes (OfiL) was thermo-stable and ion dependent and showed antifungal activity against *Candida albicans*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium decemcellulare*, *Fusarium lateritium*, *Fusarium oxysporum*, and *Fusarium solani* (Santana et al., 2009).

Moringa oleifera Lam. is a tree native to India; it is also found in several African, Asian, and South American countries. This plant is of significant economic, industrial, and medicinal importance (Makkar and Becker, 1996). Two chitin-binding lectins isolated from *M. oleifera* seeds have shown insecticidal activity. The water-soluble *M. oleifera* lectin (WSMoL) promoted mortality of *Aedes aegypti* fourth-stage larvae (Coelho et al., 2009) and the coagulant

M. oleifera lectin (cMoL) was able to reduce growth of larvae and kill pupae of *A. kuehniella* (Oliveira et al., 2011).

This work reports on the effect of OfiL, WSMoL, and cMoL on *N. corniger* survival, as well as on the response of termites to lectin in a repellence assay. In addition, some properties of OfiL, cMoL, and WSMoL are comparatively analyzed.

2. Materials and methods

2.1. Plant material

O. ficus indica Mill. (Family Cactaceae) has the vernacular names of “palma-forrageira” in Portuguese, “nopal de castilla” in Spanish, and Indian fig opuntia in English. The cladodes from different specimens were collected in Limoeiro City, State of Pernambuco, northeastern Brazil. The cladodes were air-dried, powdered, and stored at 4 °C.

M. oleifera Lam. has the vernacular names “moringa” in Portuguese, “árbol del ben” in Spanish, and horseradish tree or drumstick in English. Seeds from 10 to 15-year-old trees were collected in Recife City, State of Pernambuco, northeastern Brazil. The seeds were air-dried, powdered, and stored at 4 °C.

2.2. Insects

Colonies of *N. corniger* were kept in a greenhouse (28 ± 2 °C; $75 \pm 5\%$ relative humidity) at the Department of Agronomy of the Federal Rural University of Pernambuco. Termite colonies were selected according to overall integrity criteria. One colony was used in experiments with *O. ficus indica* preparations and another in those with samples from *M. oleifera* seeds.

2.3. Isolation of *O. ficus indica* lectin (OfiL)

The OfiL was isolated according to the protocol described by Santana et al. (2009). Cladode powder (10 g) was homogenized (16 h, 4 °C) in 0.15 M NaCl (50 ml). After filtration through gauze followed by centrifugation (4000 g, 15 min), the crude extract (E_{OfiL}) was loaded (22 mg of protein) onto a chitin column (6.5 × 1.5 cm) equilibrated (flow rate of 20 ml h⁻¹) with 0.15 M NaCl. The column was washed with the equilibrium solution. Afterwards, OfiL was eluted from the column with 1.0 M acetic acid and dialyzed (3.5 kDa cut-off membrane) against 0.15 M NaCl (6 h at 4 °C) for eluent elimination.

2.4. Isolation of water-soluble (WSMoL) and coagulant (cMoL) *M. oleifera* seed lectins

The WSMoL was isolated according to the procedure described by Coelho et al. (2009). Powdered seeds (10 g) were homogenized with distilled water (100 ml) in a magnetic stirrer (16 h, 4 °C). Next, the mixture was filtered through cotton gauze and centrifuged at 3000 g for 15 min. The crude extract (E_{WSMoL}) was treated with a 60% saturated ammonium sulphate solution (Green and Hughes, 1955) and the precipitated fraction containing WSMoL (F_{WSMoL}) was collected after centrifugation (3000 g, 15 min), dissolved in 0.15 M NaCl, and submitted to dialysis (3.5 kDa cut-off membrane) against 0.15 M NaCl (6 h at 4 °C). The dialyzed F_{WSMoL} (80 mg of proteins) was then applied to a chitin column (18 × 1.5 cm) equilibrated (flow rate of 20 ml h⁻¹) with 0.15 M NaCl. After extensive washing with the equilibrating solution, WSMoL was eluted with 1.0 M acetic acid and dialyzed (3.5 kDa cut-off membrane) against distilled water (6 h at 4 °C).

Isolation of cMoL was done according to Santos et al. (2009). Powdered seeds (10 g) were homogenized with 0.15 M NaCl

(100 ml) in a magnetic stirrer (6 h, 28 °C). Afterwards, the mixture was filtered through cotton gauze and centrifuged at 3000 g for 15 min. The proteins in saline extract (E_{cMoL}) were precipitated using ammonium sulphate (60%) and the precipitated protein fraction (F_{cMoL}) was dialyzed against distilled water (4 h) and 0.15 M NaCl (16 h). The F_{cMoL} was loaded (10 mg of protein) onto a guar gel column (10 × 1 cm) equilibrated (flow rate of 20 ml h⁻¹) with 0.15 M NaCl. The $cMoL$ was eluted with 1.0 M NaCl and dialyzed (3.5 kDa cut-off membrane) against 0.15 M NaCl (6 h at 4 °C).

2.5. Protein content

The protein concentration was estimated according to Lowry et al. (1951) using bovine serum albumin (31–500 µg ml⁻¹) as standard.

2.6. Hemagglutinating activity

The assay was conducted in microtiter plates (Kartell S.P.A., Italy) according to Paiva and Coelho (1992) using a suspension (2.5% v/v) of rabbit erythrocytes treated with glutaraldehyde (Bing et al., 1967). Hemagglutinating activity (HA) was determined by mixing a twofold serial dilution of each sample (50 µl) with 0.15 M NaCl in microtiter plates. A 2.5% (v/v) suspension of erythrocytes (50 µl) was added to each well. Incubation at 27 °C (45 min) ensued. One hemagglutination unit was defined as the reciprocal value of the highest dilution of sample that promotes full agglutination of erythrocytes. Specific hemagglutinating activity was defined as the ratio between titer and protein concentration (unit mg⁻¹). HA inhibitory assays were performed by incubation (45 min) of lectin sample with 200 mM mono-saccharide or 500 µg ml⁻¹ glycoprotein solutions before erythrocyte suspension addition.

2.7. Polyacrylamide gel electrophoresis

Evaluation of OfiL and WSMoL was done by PAGE for native (10% w/v, gel) basic or acidic proteins performed according to Reisfeld et al. (1962) and Davis (1964), respectively. Basic polypeptides were stained with 1% (w/v) Amido Black in 10% (v/v) acetic acid. Acidic polypeptides were stained with 0.02% (v/v) Coomassie Blue in 10% (v/v) acetic acid.

2.8. Termiticidal assay

Termiticidal activity was evaluated by a no-choice bioassay based on the method described by Kang et al. (1990). Each experimental unit consisted of a petri plate (90 × 15 mm) with the plate base covered with filter paper. Termiticidal activity was evaluated for E_{OfiL} (0.25, 0.5, 1.0, and 1.5 mg ml⁻¹ of protein) and OfiL (0.25, 0.5, 1.0, and 1.5 mg ml⁻¹). *M. oleifera* seed preparations containing WSMoL (E_{WSMoL} , F_{WSMoL} , and WSMoL) and $cMoL$ (E_{cMoL} , F_{cMoL} , and $cMoL$) were evaluated at concentrations of 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, or 1.5 mg ml⁻¹ of protein. In each replicate, a filter paper disk (4 cm in diameter) impregnated with 200 µl of sample in 0.15 M NaCl was placed in the plate. In negative controls, paper disks were impregnated with 0.15 M NaCl solution containing neither extract nor lectin. A total of 20 active termites (workers and soldiers, in the proportion of 4:1, respectively) were transferred to each plate; these were maintained at 28 °C in darkness. Evaluation of insect survival was made daily until the death of all insects. Bioassay was achieved in quintuplicate for each concentration and survival rates (as percentages) were obtained for each treatment.

2.9. Repellence assay

The repellence assay was based on Su et al. (1982). Petri plates (100 × 15 mm) were filled up with 2% agar solution to the plate covers. After solidification, wells are made in agar by removing a central cylindrical core 25 mm in diameter and 10 peripheral cylinders (6 mm in diameter). In each peripheral well a piece of filter paper was soaked in 15 µl of 0.15 M NaCl containing neither extract nor lectin (negative control). Petri plates contained the OfiL, WSMoL, and $cMoL$ preparations at the same concentrations used in the termiticidal assay. Termites (16 workers and four soldiers) were then transferred to the central well and plates were maintained at 28 °C in darkness. Assays were made in triplicate. The parameters observed for 15 days were the absence or presence of termites in peripheral wells, the construction standards of tunnels in agar, and the closing by insects of constructed galleries.

2.10. Statistical analysis

Standard deviations (SD) were calculated using GraphPad Prism version 4.0 for Windows (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) and data were expressed as a mean of replicates ± SD. Significant differences between treatment groups used in the termiticidal assay were analyzed by Student's *t*-test (significance at $p < 0.05$) using the Origin 6.0 program. The lethal concentrations required to kill 50% (LC₅₀) of termites after 4 days were calculated by probit analysis with a reliability interval of 95% using the computer software StatPlus® 2006 (AnalystSoft, Canada).

3. Results

A protein level of 11 mg ml⁻¹ and specific hemagglutinating activity of 3.0 were observed in E_{OfiL} . In turn, a specific hemagglutinating activity of 40 and a single polypeptide band in PAGE for acidic proteins were detected in isolated OfiL (Fig. 1A). No band was detected in PAGE for basic proteins.

Termiticidal assays using E_{OfiL} showed that this preparation did not interfere with survival of soldiers (Fig. 2C), though it exerted termiticidal action against workers ($p < 0.05$) when used at 1.5 mg ml⁻¹ (Fig. 2D). Significantly different soldier mortality rates ($p < 0.05$) were observed for OfiL 1.5 mg ml⁻¹ only, as compared to the control (Fig. 2A), while on workers (Fig. 2B) lectin promoted a 100% mortality rate after 4 (1.5 mg ml⁻¹), 5 (1.0 mg ml⁻¹), and 6 (0.25 and 0.5 mg ml⁻¹) days. Student's *t*-test revealed that effects of concentrations 0.5, 1.0, and 1.5 mg ml⁻¹ were significantly ($p < 0.05$) different in comparison with the control, and that the LC₅₀ determined after 4 days was 0.116 mg ml⁻¹.

The E_{OfiL} and OfiL did not repel workers or soldiers, since the insects built galleries randomly, with no differences observed between samples and the negative control (0.15 M NaCl). Also, it is important to note that these groups of insects maintained these galleries open and active throughout the experiment.

For E_{WSMoL} , the protein level was 5.42 mg ml⁻¹ and specific hemagglutinating activity was 0.73, while F_{WSMoL} was richer in protein (13.64 mg ml⁻¹) and lectin (specific hemagglutinating activity of 1.17). The WSMoL, isolated by chitin chromatography, showed high specific hemagglutinating activity (6826) and a single polypeptide band in PAGE for acidic proteins (Fig. 1B). Polypeptide bands were not detected on PAGE for basic proteins.

The E_{WSMoL} was termiticidal ($p < 0.05$) on soldiers only when used at 1.5 mg ml⁻¹ (Fig. 3A), but it was active against workers when used as 1.0 and 1.5 mg ml⁻¹ preparations (Fig. 3B). The F_{WSMoL} and WSMoL were able to kill soldiers and workers only when used as 1.5 mg ml⁻¹ preparations ($p < 0.05$) (Fig. 3C, D, E, and

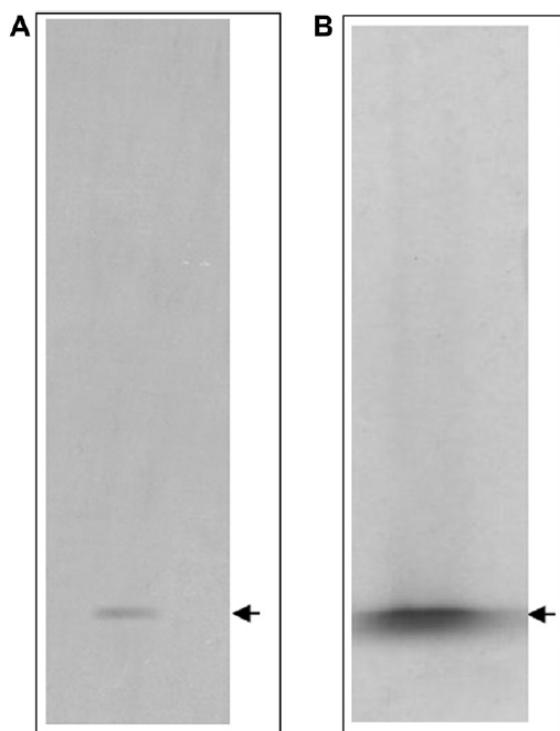


Fig. 1. Electrophoresis profiles of OfiL (A) and WSMoL (B) on PAGE for native acidic proteins stained with Coomassie Brilliant Blue.

F). No WSMoL preparation induced a rejection response by termites in the repellence assay.

The E_{cMoL} (8.04 mg ml^{-1} of protein and specific hemagglutinating activity of 7.96) was treated with ammonium sulphate and the resultant F_{cMoL} showed the highest protein concentration (15 mg ml^{-1}) and specific hemagglutinating activity (17.06). $cMoL$ isolated after chromatography on guar gel column showed specific hemagglutinating activity of 200 that was not inhibited by *N*-acetylglucosamine (Table 1).

The E_{cMoL} was active ($p < 0.05$) against soldiers only as a 1.5 mg ml^{-1} preparation (Fig. 4A), although it promoted worker mortality ($p < 0.05$) at protein concentrations of 1.0 and 1.5 mg ml^{-1} (Fig. 4B). No F_{cMoL} concentration tested exerted a termiticidal effect against soldiers or workers (Fig. 4C and D). Purified $cMoL$ was not active against soldiers (Fig. 4E), and was termiticidal ($p < 0.05$) against workers when used as 1.5 mg ml^{-1} preparations (Fig. 4F). There were no repellent properties shown for E_{cMoL} , F_{cMoL} , or $cMoL$.

4. Discussion

Termite control has been performed using chemical insecticides; however, the adverse effects of these chemicals on human health and the environment at large, such as neurotoxicity and contamination of food, as well the emergence of resistant insect strains and long-term ecological imbalance, have become issues of increasing concern. For these reasons, natural products have been screened for termiticidal and repellent activities with a view to preventing termite attack (Verma et al., 2009).

Here, the availability of simple, efficient, and reproducible procedures that yield milligram quantities of OfiL, WSMoL, and $cMoL$, as well as previous reports of insecticidal activity of chitin-binding lectins, facilitated the evaluation of lectin preparations (E_{ofiL} , E_{WSMoL} , E_{cMoL} , F_{WSMoL} , F_{cMoL} , OfiL, WSMoL, and $cMoL$) for

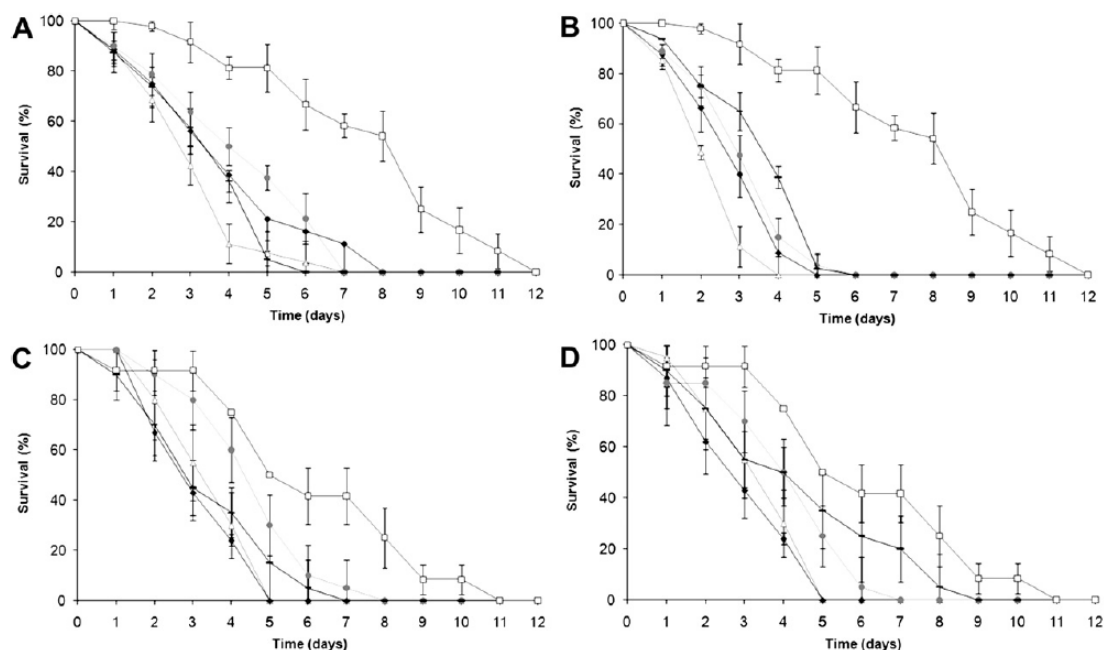


Fig. 2. Contact effect of OfiL (A and B) and E_{oGIL} (C and D) on *N. corniger* soldiers (A and C) and workers (B and D). Treatments used the protein concentrations 0.25 (○), 0.5 (●), 1.0 (◆), and 1.5 (Δ) mg ml^{-1} ; 0.15 M NaCl was the negative control (□). Each dot represents the mean $\pm$ SD of five experiments.

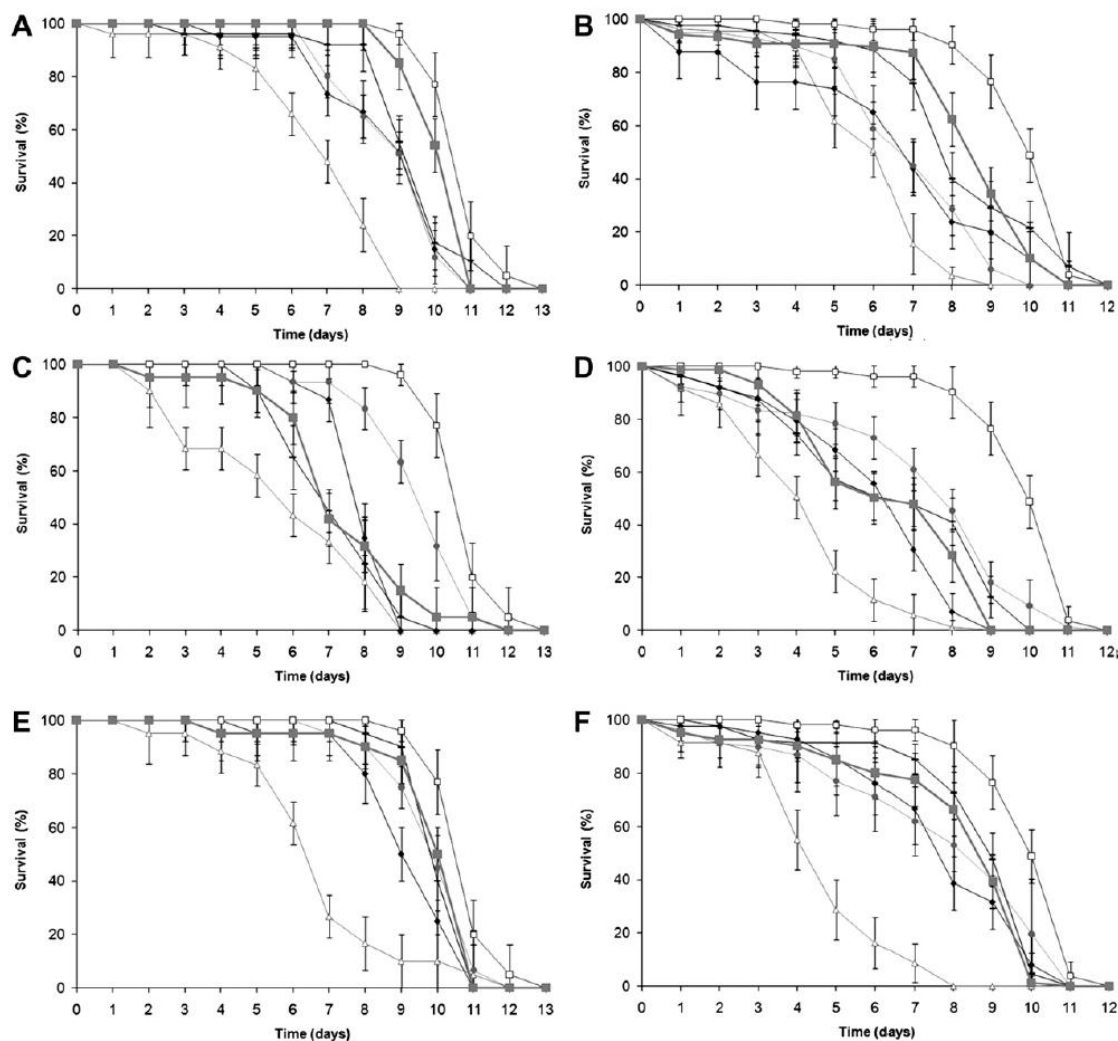


Fig. 3. Contact effect of *EWSMoL* (A and B), *FWSMoL* (C and D), and *WSMoL* (E and F) on *N. corniger* soldiers (A, C, and E) and workers (B, D, and F). Treatments used the protein concentrations 0.125 (■), 0.25 (□), 0.5 (●), 1.0 (○), and 1.5 (Δ) mg ml⁻¹; 0.15 M NaCl was the negative control (□). Each dot represents the mean ± SD of five experiments.

Table 1
Properties of lectins from *Opuntia ficus indica* cladodes and *Moringa oleifera* seeds.

Property	OfiL	WSMoL ^b	cMoL ^c
Anionic nature	Yes	Yes	No ^d
Molecular weight of subunit (kDa)	8.4 ^a	5 ^c	26.5 and 14.9 ^d
Chitin-binding lectin	Yes ^a	Yes ^{b,c}	Yes ^e
Inhibition of hemagglutinating activity			
Fructose	– ^a	+ ^b	– ^d
Glucose	+ ^a	+ ^b	+ ^d
Mannose	+ ^a	+ ^b	– ^d
N-Acetylglucosamine	– ^a	+ ^{b,c}	–
Raffinose	– ^a	+ ^b	+ ^d
Fetuin	– ^a	+ ^b	–

^a According to Santana et al. (2009).

^b According to Rolim et al. (2011).

^c According to Coelho et al. (2009).

^d According to Santos et al. (2009).

^e According to Oliveira et al. (2011). Inhibited (+) and not inhibited (–).

termiticidal activity against *N. corniger*. The assays were performed using filter paper soaked in *O. ficus indica* and *M. oleifera* samples.

OfiL and WSMoL were isolated, and PAGE under native conditions revealed that they have an anionic nature, in contrast to cMoL, which is a cationic protein (Santos et al., 2009). Table 1 shows that OfiL, WSMoL, and cMoL have subunits with different molecular masses, and that they are able to interact with chitin — apart from inhibition of hemagglutinating activity by different carbohydrates.

The termiticidal assays revealed that OfiL had a deleterious effect against soldiers and workers, which was higher than that of *EOfiL*, probably due to the lowest OfiL concentration in the extract. Similarly, the extract from *M. urundeuva* heartwood was not as effective against *N. corniger* as the preparation containing the isolated heartwood lectin (Sá et al., 2009).

The termiticidal activity of *O. ficus indica* preparations was higher than that of *M. oleifera* seed preparations (Table 2), and OfiL was more toxic against *N. corniger* workers than the lectins isolated from *M. urundeuva* bark, heartwood, and leaf, as well as from *C. verticillaris*, which showed LC₅₀ levels of 0.974, 0.248, 0.374, and 0.196 mg ml⁻¹, respectively (Sá et al., 2008; Silva et al., 2009;

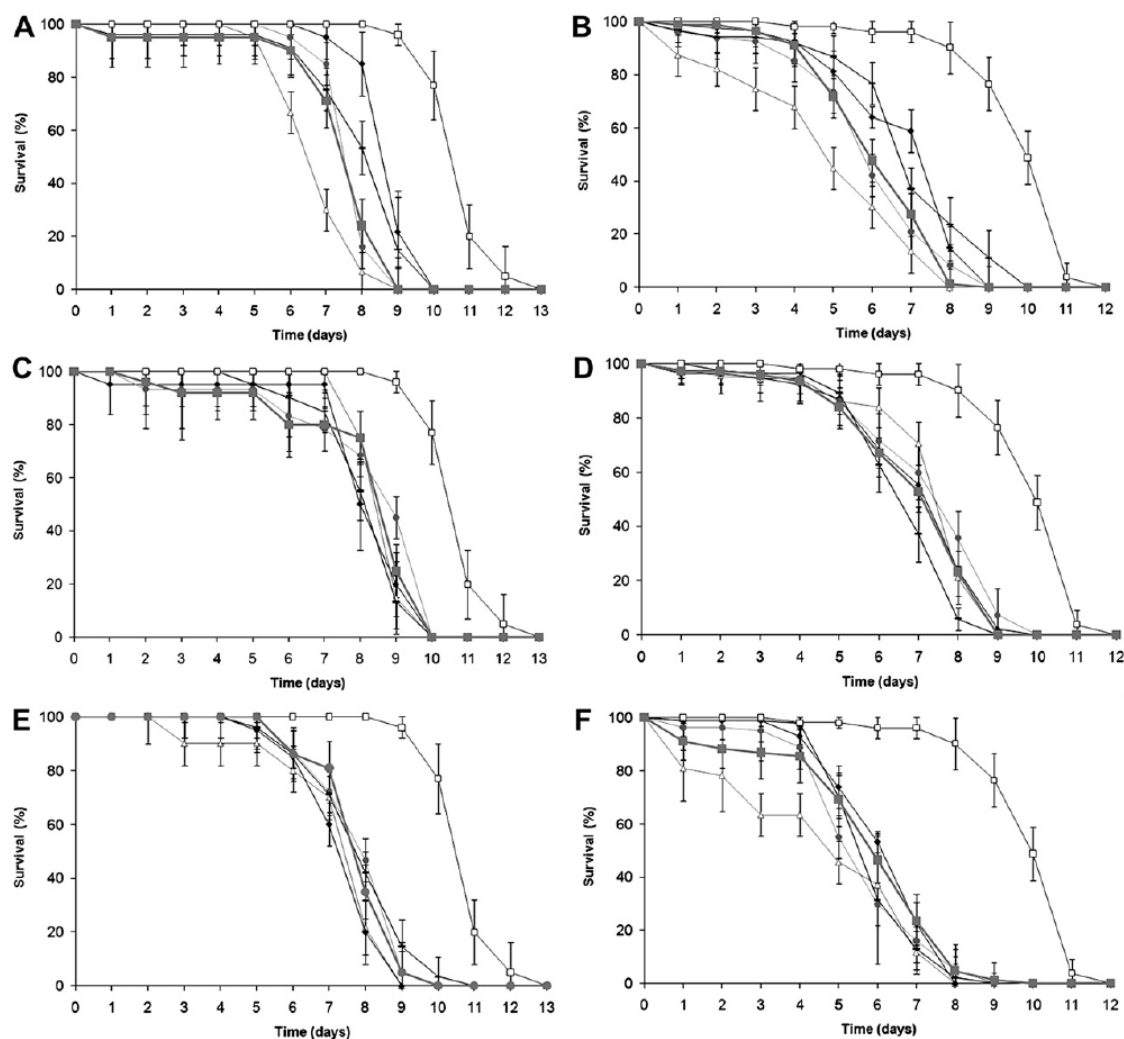


Fig. 4. Contact effect of E_{CMoL} (A and B), F_{CMoL} (C and D), and $cMoL$ (E and F) on *N. corniger* soldiers (A, C, and E) and workers (B, D, and F). Treatments used the protein concentrations 0.125 (■), 0.25 (□), 0.5 (●), 1.0 (◆), and 1.5 (Δ) $mg\ ml^{-1}$; 0.15 M NaCl was the negative control (□). Each dot represents the mean $\pm$ SD of five experiments.

Table 2

Specific hemagglutinating and termiticidal activities of lectin preparations from *O. ficus indica* cladodes and *M. oleifera* seeds.

Lectin preparation	Specific hemagglutinating activity ^a	Termiticidal concentrations ($mg\ ml^{-1}$) ^b	
		Soldier	Worker
<i>O. ficus indica</i>			
E_{OfiL}	3.0	ND	1.5
$OfiL$	40.0	1.5	0.5, 1.0, 1.5
<i>M. oleifera</i>			
E_{WSMoL}	0.73	1.5	1.0, 1.5
F_{WSMoL}	1.17	1.5	1.5
$WSMoL$	6826	1.5	1.5
E_{cMoL}	7.96	1.5	1.0, 1.5
F_{cMoL}	17.06	ND	ND
$cMoL$	200	ND	1.5

ND: not detected.

^a Hemagglutinating assay using rabbit erythrocytes; specific hemagglutinating activity corresponds to the ratio between titer and protein concentration ($mg\ ml^{-1}$).

^b Protein concentration that showed significant ($p < 0.05$) effect different to negative control.

Napoleão et al., 2011). The lectin isolated from *B. monandra* roots showed an LC_{50} of $0.09\ mg\ ml^{-1}$ (Souza et al., 2011), a value lower than for $OfiL$. Nevertheless, it should be remembered that this LC_{50} was determined after 12 days, while the LC_{50} of $OfiL$ was determined after 4 days through the course of the present experiment.

Table 2 shows that F_{WSMoL} and $WSMoL$ preparations presented higher specific hemagglutinating activity than E_{WSMoL} , with identical effect on the survival of workers and soldiers; thus, $WSMoL$ purification did not result in increased termiticidal effect. Preparations of $WSMoL$ were not good termiticidal agents, since they showed toxicity against termites only when used at high concentrations, in comparison with the previously described termiticidal lectins. Also, the termiticidal activity of crude preparation (E_{WSMoL}) on workers was detected at the protein concentration of $1.0\ mg\ ml^{-1}$, while F_{WSMoL} and $WSMoL$ induced worker mortality only at a concentration of $1.5\ mg\ ml^{-1}$. These results indicate that $WSMoL$ is not the only termiticidal agent present in *M. oleifera* seeds.

Activity against workers was shown with E_{cMoL} and $cMoL$, while F_{cMoL} was inactive. This may be due to the presence of a compound able to inhibit the termiticidal activity of lectin in *M. oleifera* seeds.

Probably, this inhibitor is present at low concentration in E_{cMoL} , though it higher levels were observed in F_{cMoL} , being eliminated after chromatography on guar gel. Suzuki and Mori (1989) also reported the presence of a lectin inhibitor in *Pinctada fucata martensii* hemolymph that was detected during isolation of lectin.

The mechanisms of action of insecticidal lectins include binding to glycoconjugates present at epithelial cells along the digestive tract of insects, interaction with chitin components in the insect gut and *N*-acetylglucosamine residues from peritrophic matrix, and binding to the sugar moiety of glycosylated digestive enzymes or assimilatory proteins (Macedo et al., 2007; Fitches et al., 2008). Napoleão et al. (2011) reported that the mechanisms of termiticidal lectins from *M. urundeuva* involve a chitin-binding property, resistance to degradation by termite proteases, and antibacterial activity against symbiotic bacteria of *N. corniger* gut. OfiL may promote termite mortality due to its chitin-binding ability.

Repellent activity was evaluated by observing the building of tunnels and closing of galleries by *N. corniger*, since this insect closes tunnels and galleries in the presence of toxic substances, to avoid physical contact with them (Su et al., 1982; Sá et al., 2009). The preparations from *O. ficus indica* cladodes and *M. oleifera* seeds were not repellent against termites, similarly to the lectins from *M. urundeuva*, *C. verticillaris*, and *B. monandra* (Sá et al., 2008; Silva et al., 2009; Napoleão et al., 2011; Souza et al., 2011). Non-repellent termiticides are advantageous, since they do not cause termites to migrate elsewhere.

Worker termites are responsible for foraging, storage of food, and construction of nests. Although OfiL was not a good termiticidal agent against *N. corniger* soldiers, this lectin was highly toxic to workers, which may promote impairment of foraging dynamics, resulting in considerable disturbance in the organization, structure, and maintenance of termite colonies.

5. Conclusions

The chitin-binding lectins OfiL, WSMoL, and cMoL differ in the specificity of carbohydrate-binding site, charge nature, and molecular mass. These lectins showed different termiticidal activity and thus their chitin-binding ability is probably not the main reason for the toxicity of these lectins on *N. corniger*. The termiticidal assays revealed that OfiL, WSMoL, and cMoL showed different effects on castes of *N. corniger* and this fact indicates that the biological characteristics of soldiers and workers interfere in the sensitiveness to the toxic effect of lectins. The lectin from *O. ficus indica* cladodes possesses biotechnological potential for use in controlling the pest termite *N. corniger* since it was highly toxic for workers.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for research grants and fellowships (PMGP, LCBBC). We are also grateful to the Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for financial support. We thank Maria Barbosa Reis da Silva for technical assistance and Felix Nonnenmacher for English editing.

References

- Barros, R., Degrande, P.E., Ribeiro, J.E., Rodrigues, A.L.L., Nogueira, R.F., Fernandes, M.G., 2006. Flutuação populacional de insetos predadores associados a pragas do algodoeiro. *Arquivos do Instituto Biológico* 73, 57–64.
- Bedmutha, R., Booker, C.J., Ferrante, L., Briens, C., Berruti, F., Yeung, K.K., Scott, I., Conn, K., 2011. Insecticidal and bactericidal characteristics of the bio-oil from

- the fast pyrolysis of coffee grounds. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 90, 224–231.
- Bernardi, O., Bernardi, D., Trecha, C.O., Jardim, E.O., Cunha, U.S., Garcia, M.S., 2010. Efficiency of neem insecticides in the control of *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae). *Revista Brasileira de Fruticultura* 32, 286–290.
- Bing, D.H., Weyand, J.G., Stavinsky, A.B., 1967. Hemagglutination with aldehyde-fixed erythrocytes for assay of antigens and antibodies. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 124, 1166–1170.
- Bogús, M.I., Czygier, M., Kędra, E., Samborski, J., 2005. In vitro assessment of the influence of nutrition and temperature on growing rates of five *Duddingtonia flagrans* isolates, their insecticidal properties and ability to impair *Heligmosomoides polygyrus* motility. *Experimental Parasitology* 109, 115–123.
- Brown Jr., K.S., 1997. Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais. In: Martos, H.L., Maia, N.B. (Eds.), *Indicadores ambientais*. PUCC/Schell, Sorocaba, pp. 15–22.
- Chai, Y., Jin, Y., Chen, G., Liu, Y., Li, X., Wang, G., 2007. Separation of insecticidal ingredient of *Paeclomyces cicadae* (Miquel) Samson. *Agricultural Sciences in China* 6, 1352–1358.
- Coelho, J.S., Santos, N.D.L., Napoleão, T.H., Gomes, F.S., Ferreira, R.S., Zingali, R.B., Coelho, L.C.B.B., Leite, S.P., Navarro, D.M.A.F., Paiva, P.M.G., 2009. Effect of *Moringa oleifera* lectin on development and mortality of *Aedes aegypti* larvae. *Chemosphere* 77, 934–938.
- Constantino, R., 2007. On-line termites database Available on line: <http://vsites.unb.br/ib/zoo/catalog.html>.
- Costa-Leonardo, A.M., 2002. Cupins-praga: morfologia, biologia e controle. Edifurb, Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, Brazil.
- Davis, B.J., 1964. Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins. *Annals of the New York Academy of Sciences* 121, 404–427.
- Fitches, E., Philip, J., Hinchliffe, G., Vercruysee, L., Chougule, N., Gatehouse, J.A., 2008. An evaluation of garlic lectin as an alternative carrier domain for insecticidal fusion proteins. *Insect Science* 15, 483–495.
- Galati, E.M., Monforte, M.T., Tripodo, M.N., D'Aquino, A., Mondello, M.R., 2001. Antitumor activity of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. (Cactaceae): ultrastructural study. *Journal of Ethnopharmacology* 76, 1–9.
- Galati, E.M., Tripodo, M.N., Trovato, A., Miceli, N., Monforte, M.T., 2002. Biological effect of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. (Cactaceae) waste matter. Note I: diuretic activity. *Journal of Ethnopharmacology* 79, 17–21.
- Green, A.A., Hughes, L., 1955. Protein fractionation on the basis of solubility in aqueous solution of salts and organic solvents. In: Colowick, S., Kaplan, N. (Eds.), *Methods in enzymology*. Academic Press, New York, pp. 67–90.
- Jaber, K., Diaz, G.C., Haubridge, E., Francis, F., 2008. Investigation of carbohydrate binding property of a fungal lectin from *Xerocomus chrysenteron* and potential use on *Myzus persicae* aphid. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 73, 629–638.
- Joshi, P.K., Singh, N.P., Singh, N.N., Gerpacio, R.V., Pingali, P.L., 2005. Maize in India: production systems, constraints, and research priorities. D.F. CIMMYT, Mexico, p. 22.
- Kang, H.Y., Matsushima, N., Sameshima, K., Takamura, N., 1990. Termite resistance tests of hardwoods of Kochi growth. The strong termiticidal activity of kagonoki (*Litsea coreana* Léveillé). *Mokuzai Gakkaishi* 36, 78–84.
- Kaschuk, G., Santos, J.C.P., Almeida, J.A., 2006. Termite activity in relation to natural grassland soil attributes. *Science Agriculture* 63, 583–588.
- Kaur, M., Singh, K., Rup, P.J., Kamboj, S.S., Singh, J., 2009. Anti-insect potential of lectins from *Arisaema* species towards *Bactrocera cucurbitae*. *Journal of Environmental Biology* 30, 1019–1023.
- Leite, M.L.S., Carvalho, G.A., Maia, J.B., Makiyama, L., Vilela, M., 2007. Ação residual de inseticidas para larvas e adultos do predador *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae). *Arquivos do Instituto Biológico* 74, 251–258.
- Liu, J., Yang, Y., Yang, Y., Zhang, Y., Liu, W., 2011. Disrupting effects of bifenthrin on ovulatory gene expression and prostaglandin synthesis in rat ovarian granulosa cells. *Toxicology* 282, 47–55.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J., 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193, 265–275.
- Macedo, M.L.R., Freire, M.G.M., Silva, M.B.R., Coelho, L.C.B.B., 2007. Insecticidal action of *Bauhinia monandra* leaf lectin (BmoLL) against *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae), *Zabrotes subfasciatus* and *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology* 146, 486–498.
- Makkar, H.P.S., Becker, K., 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Animal Feed Science and Technology* 63, 211–228.
- Menezes, E.L.A., 2005. Insetos botânicos: seus princípios ativos, modos de ação e uso agrícola. Embrapa Agrobiologia, Seropédica.
- Meyer, J.R., 2005. Isoptera. Department of Entomology, NC State University. Available online: <http://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/compendium/termites.html>.
- Miranda, C.S., Vasconcellos, A., Bandeira, A.G., 2004. Termites in sugar cane in northeast Brazil: ecological aspects and pest status. *Neotropical Entomology* 33, 237–241.
- Myles, T.G., 2005. Termite biology. Urban Entomology Programme. Available online: <http://www.utoronto.ca/forest/termite/termite.htm>.
- Napoleão, T.H., Gomes, F.S., Lima, T.A., Santos, N.D.L., Sá, R.A., Albuquerque, A.C., Coelho, L.C.B.B., Paiva, P.M.G., 2011. Termiticidal activity of lectins from *Myrcodruon urundeuva* against *Nasutitermes corniger* and its mechanisms. *International Biodeterioration and Biodegradation* 65, 52–59.

- Oliveira, C.F.R., Luz, L.A., Paiva, P.M.G., Coelho, L.C.B.B., Marangoni, S., Macedo, M.L.R., 2011. Evaluation of seed coagulant *Moringa oleifera* lectin (cMoL) as a bio-insecticidal tool with potential for the control of insects. *Process Biochemistry* 46, 498–504.
- Paes, J.B., Morais, V.M., Lima, C.R., 2002. Resistência das madeiras de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), cássia (*Senna siamea*) e ipê (*Tabebuia impetiginosa*) a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. *Floresta e Ambiente* 9, 135–144.
- Paiva, P.M.G., Coelho, L.C.B.B., 1992. Purification and partial characterization of two lectin isoforms from *Cratylia mollis* Mart. (camaratu bean). *Applied Biochemistry and Biotechnology* 36, 113–118.
- Reisfeld, R.A., Lewis, U.J., Williams, D.E., 1962. Disk electrophoresis of basic protein and peptides on polyacrylamide gels. *Nature* 195, 281–283.
- Rolim, L.A.D.M.M., Macêdo, M.F.S., Sisenando, H.A., Napoleão, T.H., Felzenswalb, I., Aiub, C.A.F., Coelho, L.C.B.B., Medeiros, S.R.B., Paiva, P.M.G., 2011. Genotoxicity evaluation of *Moringa oleifera* seed extract and lectin. *Journal of Food Science* 76, T53–T58.
- Sá, R.A., Napoleão, T.H., Santos, N.D.L., Gomes, F.S., Albuquerque, A.C., Xavier, H.S., Coelho, L.C.B.B., Bieber, L.W., Paiva, P.M.G., 2008. Induction of mortality on *Nasutitermes corniger* (Isoptera, Termitidae) by *Myracrodruon urundeuva* heartwood lectin. *International Biodeterioration and Biodegradation* 62, 460–464.
- Sá, R.A., Argolo, A.C.C., Napoleão, T.H., Gomes, F.S., Santos, N.D.L., Melo, C.M.L., Albuquerque, A.C., Xavier, H.S., Coelho, L.C.B.B., Bieber, L.W., Paiva, P.M.G., 2009. Antioxidant, *Fusarium* growth inhibition and *Nasutitermes corniger* repellent activities of secondary metabolites from *Myracrodruon urundeuva* heartwood. *International Biodeterioration and Biodegradation* 63, 470–477.
- Santana, G.M.S., Albuquerque, L.P., Simões, D.A., Gusmão, N.B., Coelho, L.C.B.B., Paiva, P.M.G., 2009. Isolation of lectin from *Opuntia ficus indica* cladodes. *Acta Horticulturae* 811, 281–286.
- Santana, A.L.B.D., Maranhão, C.A., Santos, J.C., Cunha, F.M., Conceição, G.M., Bieber, L.W., Nascimento, M.S., 2010. Antitermitic activity of extracts from three Brazilian hardwoods against *Nasutitermes corniger*. *International Biodeterioration and Biodegradation* 64, 7–12.
- Santos, A.F.S., Luz, L.A., Argolo, A.C.C., Teixeira, J.A., Paiva, P.M.G., Coelho, L.C.B.B., 2009. Isolation of a seed coagulant *Moringa oleifera* lectin. *Process Biochemistry* 44, 504–508.
- Scheffrahn, R.H., Cabrera, B.J., Kern Jr., W.J., Su, N.Y., 2002. *Nasutitermes costalis* (Isoptera: Termitidae) in Florida: first record of a non-endemic establishment by a higher termite. *Florida Entomologist* 85, 273–275.
- Silva, M.D.C., Sá, R.A., Napoleão, T.H., Gomes, F.S., Santos, N.D.L., Albuquerque, A.C., Xavier, H.S., Paiva, P.M.G., Correia, M.T.S., Coelho, L.C.B.B., 2009. Purified *Cladonia verticillaris* lichen lectin: insecticidal activity on *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae). *International Biodeterioration and Biodegradation* 63, 334–340.
- Souza, J.D., Silva, M.B.R., Argolo, A.C.C., Napoleão, T.H., Sá, R.A., Correia, M.T.S., Paiva, P.M.G., Silva, M.D.C., Coelho, L.C.B.B., 2011. A new *Bauhinia monandra* galactose-specific lectin purified in milligram quantities from secondary roots with antifungal and termiticidal activities. *International Biodeterioration and Biodegradation* 65, 696–702.
- Su, N., Tamashiro, M., Yates, J.R., Haverty, M.L., 1982. Effects of behavior in the evaluation of insecticides for prevention of or remedial control of the Formosan subterranean termite. *Journal of Economic Entomology* 75, 188–193.
- Suzuki, T., Mori, K., 1989. A galactose-specific lectin from the hemolymph of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry* 92, 455–462.
- Thompson, G., 2000. Termites – tropical topics news letter no. 64. Environmental Protection Agency, Queensland, Australia.
- Trombetta, D., Puglia, C., Perri, D., Licata, A., Pergolizzi, S., Lauriano, E.R., De Pasquale, A., Saija, A., Bonina, F.P., 2006. Effect of polysaccharides from *Opuntia ficus indica* (L.) cladodes on the healing of dermal wounds in the rat. *Phyto-medicine* 13, 352–358.
- Verma, M., Sharma, S., Prasad, R., 2009. Biological alternatives for termite control: a review. *International Biodeterioration and Biodegradation* 63, 959–972.
- Yamada, A., Inoue, T., Wiwatitaya, D., Ohkuma, M., Kudo, T., Sugimoto, A., 2006. Nitrogen fixation by termites in tropical forests, Thailand. *Ecosystems* 9, 75–83.
- Zhong, J.H., Liug, L.L., 2002. Termite fauna in China and their economic importance. *Sociobiology* 40, 25–32.
- Zhou, X., Huang, Q., Cai, P., Yu, Z., 2007. Adsorption and insecticidal activity of toxin from *Bacillus thuringiensis* on rectorite. *Pedosphere* 17, 513–521.

6. CONCLUSÕES

- A OfiL, a cMoL e a WSMoL, lectinas ligadoras de quitina, diferem na especificidade em relação ao carboidrato do sítio de ligação, natureza da carga e massa molecular.

- As três lectinas mostraram distintas atividades termiticidas, logo, a capacidade de ligação à quitina não é o principal requisito para a toxicidade sobre *N. corniger*.

- Os efeitos termiticidas da OfiL, cMoL e WSMoL foram diferentes sobre as castas de *N. corniger*, sendo este fato um indicativo que as características biológicas de operários e soldados interferiram na sensibilidade aos efeitos tóxicos dessas lectinas.

- A OfiL possui potencial biotecnológico para uso no controle de pragas de *N. corniger*, pois foi altamente tóxica para os operários em baixas concentrações, sendo a cMoL e a WSMoL tóxicas apenas em altas concentrações.

- As lectinas OfiL, cMoL e WSMoL não foram repelentes para *N. corniger*.