

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE QUÍMICA

JERÔNIMO RAIMUNDO DE OLIVEIRA NETO

Composição e variabilidade enantiomérica de α -pineno em
Constrictotermes cyphergaster (Silvestri, 1901) (Isoptera;
Termitidae)

Goiânia
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE QUÍMICA

JERÔNIMO RAIMUNDO DE OLIVEIRA NETO

Composição e variabilidade enantiomérica de α -pineno em
Constrictotermes cyphergaster (Silvestri, 1901) (Isoptera; Termitidae)

Dissertação apresentada no Programa de Mestrado em Química do
Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás, como
requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Química.

Área de concentração: Química de Produtos Naturais

Orientador: Prof. Dr. Neucírio Ricardo de Azevedo

Goiânia
2011

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
GPT/BC/UFG**

O482 Oliveira Neto, Jerônimo Raimundo de.
c Composição e variabilidade enantiomérica de α -pineno
em *Constrictotermes cyphergaster* (Silvestri, 1901)
(Isoptera; Termitidae) [manuscrito] / Jerônimo Raimundo de
Oliveira Neto. - 2011.
xv, 51 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Neucírio Ricardo de Azevedo.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de
Goiás, Instituto de Química, 2011.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, abreviaturas, siglas e tabelas.

Apêndices.

1. *Constrictotermes cyphergaster*. 2. Cupins (Isoptera).

CDU:565.7

*Dedico este trabalho aos meus pais
Oldeci e Ilma, que sempre
trabalharam para que eu pudesse
vencer na vida.*

AGRADECIMENTOS

O agradecimento fica primeiramente à Deus por me dar a oportunidade, força e conhecimento para alcançar meus objetivos;

Aos meus pais Oldeci Raimundo de Freitas e Ilma Pereira Morais Freitas pelo incansável esforço para que eu nunca deixe de buscar o conhecimento;

A minha querida irmã Alline Pereira de Freitas e meu sobrinho Talles Gabriel de Freitas França pelo carinho;

A minha namorada Naiara Raica Lopes que esteve ao meu lado nas horas de dificuldades sempre me confortando com amor, carinho e compreensão;

Ao Prof. Dr. Neucírio Ricardo de Azevedo pela orientação e pela amizade adquirida depois de alguns anos de trabalho juntos;

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique Ferri pelos valiosos ensinamentos e sugestões na elaboração do trabalho;

Ao Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás (IQ-UFG), incluindo todas as coordenações e seus funcionários;

Aos meus amigos pela amizade, apoio e pelos agradáveis momentos de descontração, conselhos e conversas;

A CAPES pelo apoio financeiro.

*“O mais importante de tudo é nunca deixar de
se perguntar. A curiosidade tem sua própria
razão de existir.”
(Albert Einstein)*

RESUMO

Os térmitas (cupins) são insetos eusociais da ordem Isoptera que se subdividem em sete famílias. Neste trabalho analisamos a quiralidade do α -pineno presente na secreção defensiva do *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae), composto este que se mostrou majoritário entre os voláteis deste térmita. Juntamente com a verificação da quiralidade foi feito um estudo buscando correlacionar a produção de cada enantiômero, R(+)- α -pineno e S(-)- α -pineno, com dados edáfico-climáticos nas estações de seca e de chuva dos anos de 2002 e 2003.

No tratamento estatístico dos dados foram usadas algumas técnicas estatísticas tais como análise de correspondência destendenciada, para prever o modelo; análise de variância, para comparação múltipla das médias; análise de redundância, para ter uma visualização da separação dos grupos e para correlacionar variáveis das matrizes resposta e ambiental.

A análise destendenciada revelou que linear é o modelo mais apropriado. A análise de variância tanto para os dados originais quanto para os dados transformados mostraram que as médias não se diferenciam estatisticamente ao nível de 95 %, pois apresentam $p > 0,05$.

Pelas análises de redundância não foi possível a explicação da matriz resposta pelo ambiente, ao nível de 95 % de confiança.

Houve uma produção enantiomérica de α -pineno por parte das populações de *C. cyphergaster*, que pode ser um fator importante para auxiliar em estudos quimiotaxonômicos desta espécie. Há maior produção do enantiômero (S), porém não foi possível correlacionar esta tendência com fatores edáfico-climáticos dentro de probabilidades estatisticamente significativas. A variação da composição enantiomérica pode estar relacionada a outros fatores que não os edáfico-climáticos, tais como: fatores ecológicos, genéticos e eusociais.

ABSTRACT

Termites are eusocial insects of isoptera order that part in seven families. In this study we analyze the chirality of α -pinene in the defensive secretion that *C. cyphergaster* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae) this compound showed that among the majority of termite volatile. Along with checking the chirality was made a study seeking to correlate the production of each enantiomer, R(+)- α -pinene and S(-)- α -pinene, soil and climate data in dry and wet seasons of year 2002 and 2003.

In the statistical data were used some statistical techniques such as Detrended Correspondence Analysis, to predict the model, Analysis of Variance for multiple comparison of means, and Redundancy Analysis to show a correlation matrix by another and that have a preview of the separation of groups.

The DCA analysis showed that the model is linear. The analysis of variance for both the original data and for the transformed data showed that the averages do not differ statically at 95%, because they have $p > 0,05$.

The analysis of redundancy was not possible to explain the environment by the response matrix, in the 95% level of confidence.

There was a production of enantiomeric α -pinene by the *C. cyphergaster* populations, which can be an important factor to assist in chemotaxonomic studies of these specimens. There is increased production of the (S) enantiomer, but it was not possible to correlate this trend with soil and climatic factors in statistically significant odds. The variation of the enantiomérica composition can be related to factors other than soil and climate, such as ecological factors, genetic, or eusocial.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Soldado de <i>Heterotermes platycephallus</i> (Rhinotermitidae:Heterotermitinae) destacando mandíbulas usadas para a defesa física.	14
Figura 2.	Soldado de <i>Nasutitermes corniger</i> (Termitidae:Nasutitermitinae) destacando Nasus usado para ejetar a secreção defensiva.	14
Figura 3.	Formação de 3-isopentenil pirofosfato, IPP e 3,3'-dimetilalil pirofosfato, DMAPP, a partir acetil CoA, via ácido mevalônico.	17
Figura 4.	Formação do precursor para a biossíntese dos terpenóides, esquema adaptado (DEWICK, 2002).	18
Figura 5.	Esquema da medida de um enantiômero com um polarímetro.	20
Figura 6.	Formação dos enantiômeros (R)-(+)- α -pineno e (S)-(-)- α -pineno, (DEWICK, 2002).	20
Figura 7.	Representação da separação clássica de enantiômeros, esquema adaptado (CAREY & SUNDBERG, 2007).	22
Figura 8.	Representação esquemática da β -ciclodextrina (FRACETO <i>et al.</i> , 2007).	24
Figura 9.	Foto de satélite (06/10/2008), mostrando o local referente a coleta no Parque Nacional de Brasília (PNB), Fonte: Google Earth.	28
Figura 10.	Foto satélite (15/09/2009), mostrando local de coleta referente ao Parque Estadual de Caldas Novas (PESCAN), Fonte: Google Earth.	28
Figura 11.	Foto de satélite (14/11/2003), mostrando local de coleta referente a coleta na Divisa de Goiás com Distrito Federal (DGDF), Fonte: Google Earth.	29
Figura 12.	Esquema da obtenção da amostra.	30

- Figura 13.** Parte do cromatograma da análise da secreção defensiva de *C. cyphergaster*, indicando o α -pineno (AZEVEDO, 2006). 31
- Figura 14.** Cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas, Shimadzu QP5050A (Kyoto, Japão). 32
- Figura 15.** Espectro de massas referente ao monoterpene, α -pineno. 32
- Figura 16.** Composição enantiomérica de α -pineno em populações de *C. cyphergaster* observadas em PESCAN no ano de 2002, nas estações de seca (A) e úmida (B); ano de 2003, nas estações de seca (C) e úmida (D). 34
- Figura 17.** Composição enantiomérica de α -pineno em populações de *C. cyphergaster* observadas em DGDF no ano de 2002 nas estações de seca (A) e úmida (B); ano de 2003, nas estações de seca (C) e úmida (D). 35
- Figura 18.** Composição enantiomérica de α -pineno em populações de *C. cyphergaster* observadas em PNB ano de 2002, nas estações de seca (A) e úmida (B); ano de 2003, nas estações de seca (C) e úmida (D). 35
- Figura 19.** RDA, com amostras, matriz resposta e variáveis ambientais. 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Valores da força do gradiente e os modelos mais apropriados.	25
Tabela 2.	Porcentagem de enantiômeros de α -pineno, nas estações de seca e úmida, para <i>Constrictotermes cyphergaster</i> , de acordo com local de coleta e ano de amostragem.	36
Tabela 3.	Sumário ANOVA para os dados obtidos por rank.	37
Tabela 4.	Sumário ANOVA para os dados transformados pelo $\arcseno(\text{raiz}(x/100))$.	37
Tabela 5.	Parâmetros RDA com todas as variáveis da matriz ambiental.	38
Tabela 6.	Parâmetros RDA com as variáveis da matriz ambiental incompleta.	39
Tabela 7.	Composição enantiomérica do α -pineno e dados edáfico-climáticos referente a todas as amostras.	42
Tabela 8.	Matriz das variáveis de respostas.	44
Tabela 9.	Matriz das variáveis ambientais.	45

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de Variância
CG-EM	Cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas
DCA	Análise de Correspondência Destendenciada
DGDF	Divisa do Estado de Goiás com Distrito Federal
DMAPP	3,3'-dimetilalil pirofosfato
GL	Graus de Liberdade
GPP	Geranil Pirofosfato
IPP	3-isopentenil pirofosfato
LPP	Linalil Pirofosfato
MQ	Média Quadrática
NPP	Neril Pirofosfato
PESCAN	Parque Estadual da Serra de Caldas Novas - Goiás
PNB	Parque Nacional de Brasília
RDA	Análise de Redundância
SQ	Soma Quadrática

SUMÁRIO

<i>DEDICATÓRIA</i>	
<i>AGRADECIMENTOS</i>	
<i>EPÍGRAFE</i>	
<i>RESUMO</i>	
<i>ABSTRACT</i>	
<i>LISTA DE FIGURAS</i>	
<i>LISTA DE TABELAS</i>	
<i>LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS</i>	
<i>SUMÁRIO</i>	
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. TÉRMITAS	13
1.2. α -PINENO: BIOSÍNTESE E APLICAÇÕES	16
1.3. ENANTIÔMEROS E SEPARAÇÃO ENANTIOMÉRICA	19
1.4. ANÁLISE CROMATOGRÁFICA	22
1.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	24
2. OBJETIVOS	26
3. METODOLOGIA	27
3.1. COLETA	27
3.2. IDENTIFICAÇÃO DE <i>Constrictotermes cyphergaster</i>	29
3.3. EXTRAÇÃO	29
3.4. ESCOLHA DO MONOTERPENO	30
3.5. SEPARAÇÃO ENANTIOMÉRICA DO α -PINENO	31
3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. EXTRAÇÃO	34
4.2. COMPOSIÇÃO ENANTIOMÉRICA	34
4.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	36
4.3.1. ANOVA	36
4.3.2. DCA	37
4.3.3. RDA	38

4.4. POSSÍVEIS FATORES EXPLICATIVOS	40
5. CONCLUSÃO	41
ANEXO 1	42
ANEXO 2	44
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

1.1. TÉRMITAS

Os térmitas (que no Brasil são conhecidos como cupins) são insetos eusociais que pertencem a superordem dos Dictyoptera, e dentro desta estão classificados na ordem Isoptera e se subdividem em sete famílias: Kalotermitidae, Mastotermitidae, Hodotermitidae, Termopsidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae (SHELLMAN-REEVE, 1997), totalizando em torno de 2.958 espécies descritas em âmbito mundial (KRISHNA *et al.*, in press). Na região Neotropical há a ocorrência de cerca de 500 espécies de térmitas (CONSTANTINO, 1999). Na América Latina, o Brasil é o único país com tradição no estudo dos térmitas, com cerca de 280 espécies caracterizadas. Nos ecossistemas em que ocorrem, os térmitas exercem um papel importante nos processos de reciclagem de nutrientes e formação do solo, além de representarem cerca de 10% da biomassa animal nos trópicos (EGGLETON e BIGNELL, 1995). A sua importância para o ecossistema foi ressaltada num recente estudo feito em savana africana, onde as colônias uniformemente distribuídas contribuem para a produtividade vegetal e animal, maximizando a produtividade do ecossistema como um todo (PRINGLE *et al.*, 2010). No bioma Cerrado, esses insetos formam um componente dominante na fauna, atingindo elevadas densidades populacionais em algumas áreas, sendo considerados como espécies-chave devido a sua grande abundância e impacto sobre o meio ambiente (REDFORD, 1984).

Os cupins vivem em colônias que contém um casal reprodutor, rei e rainha, que se ocupa apenas de produzir ovos, de inúmeros operários, que executam todo o trabalho e alimentam as outras castas, e de soldados, que são responsáveis pela defesa da colônia (CONSTANTINO, 1999). A defesa da colônia pode ser realizada através da ação de mecanismos de natureza física ou química, usados de modo combinado ou separado. A defesa de natureza física é feita através de mandíbulas, quando o espécime as possui (figura 1).



Figura 1- Soldado de *Heterotermes platycephalus* (Rhinotermitidae:Heterotermitinae) destacando mandíbulas usadas para a defesa física.

Já a defesa de natureza química acontece principalmente naquelas espécies que não possuem mandíbulas, ou apenas mandíbulas vestigiais. A subfamília Nasutitermitinae possui vários gêneros com essa característica, onde ao invés de mandíbulas existe um alongado “*rostrum*”, denominado *nasus* de onde é ejetada a secreção de defesa (figura 2).

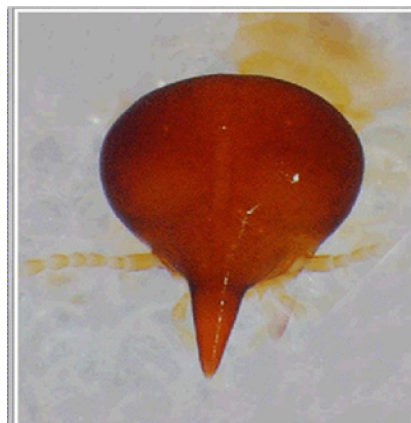


Figura 2- Soldado de *Nasutitermes corniger* (Termitidae:Nasutitermitinae) destacando Nasus usado para ejetar a secreção defensiva.

Essa secreção se trata de uma solução viscosa constituída principalmente de diterpenos oxigenados, monoterpenos e sesquiterpenos, que possuem uma ação tóxica, repelente ou de imobilização mecânica dos predadores (PRESTWICH *et al.*, 1981).

Dentre os gêneros que possuem apenas defesa química está o cupim *Constrictotermes*, que é formado por cinco espécies: *C. latinotus*, *C. guantanamensis*, *C. cavifrons*, *C. cyphergaster* e *C. rupestris*. Essas espécies estão distribuídos da seguinte forma: *C. latinotus* e *C. guantanamensis* são originárias de Cuba e Equador e não são encontradas no Brasil; *C. cavifrons* ocorre no norte da América do Sul, *C. rupestris* ocorre no Brasil central e *C. cyphergaster* (Silvestris 1901) é considerado abundante no Brasil sendo encontrado em ambiente de Cerrado e Caatinga (MELO e BANDEIRA, 2004; GODINHO *et al.*, 1989). Também ocorre no Paraguai, Bolívia e no Norte da Argentina (MATHEWS, 1977; CONSTANTINO, 1998). Como diferença principal entre as duas espécies com ocorrência no Brasil, a espécie *C. rupestris* constrói seus ninhos somente sobre rochas (CONSTANTINO & COSTA-LEONARDO, 1997) enquanto *C. cyphergaster* os faz em árvores.

A ecologia de *C. cyphergaster* foi estudada com relação à estratégia de defesa (MILL, 1982), distribuição espacial e relação com plantas hospedeiras (GODINHO *et al.*, 1989), hábitos alimentares (MATHEWS, 1977; FONTES, 1980; CONSTANTINO; COSTA-LEONARDO, 1997), estrutura da colônia (CUNHA, 2000), termitófilos (CUNHA; BRANDÃO, 2000), biomassa e estrutura populacional (VASCONCELLOS *et al.*, 2007), variabilidade dos constituintes voláteis (AZEVEDO *et al.*, 2006) e policalismo (BEZERRA-GUSMÃO, 2009).

O estudo dos constituintes voláteis mostrou uma gama de substâncias presentes na secreção defensiva de *C. cyphergaster* destacando os monoterpenos: α -pineno, β -pineno, canfeno, ρ -cimeno e limoneno; os sesquiterpenos: γ -cadineno e δ -cadineno, e outras classes como alcoóis e cetonas.

Embora haja vários trabalhos a respeito dos espécimes de *C. cyphergaster*, como citado anteriormente, nada se encontra em relação à

quiralidade dos constituintes da secreção defensiva. Trabalhos com este foco são encontrados na literatura, tanto para plantas (VALTEROVÁ *et al.*, 1995; SJÖDIN *et al.*, 1996; OCHOCKA *et al.*, 1997; WANG *et al.*, 1997; SATOU *et al.*, 2009) quanto para outras espécies de térmitas (LINDSTRÖM & NORIN, 1990). Portanto neste estudo buscamos fazer a determinação quiral e correlações edáfico-climáticas do composto majoritário de *C. cyphergaster*, o α -pineno (70,1 \pm 11,2 %) (AZEVEDO *et al.*, 2006), como continuidade do estudo sobre esta espécie.

1.2. α -PINENO: BIOSÍNTESE E APLICAÇÕES

O α -pineno é um composto orgânico da classe dos terpenóides. Os terpenóides formam uma família ampla e estruturalmente diversa de produtos naturais derivados de unidades de isopreno (C_5). As unidades bioquimicamente ativas do isopreno são o dimetil difosfato (DMAPP) e o isopentenil difosfato (IPP) que são formadas principalmente pela rota do mevalonato com a combinação de três moléculas de acetil-coenzima A (figura 3). Outra via alternativa pode levar a formação destas unidades, uma via independente do mevalonato, via não-mevalonato ou via de Rohmer, identificada em experimentos feitos em bactérias e plantas (ROHMER, 2003).

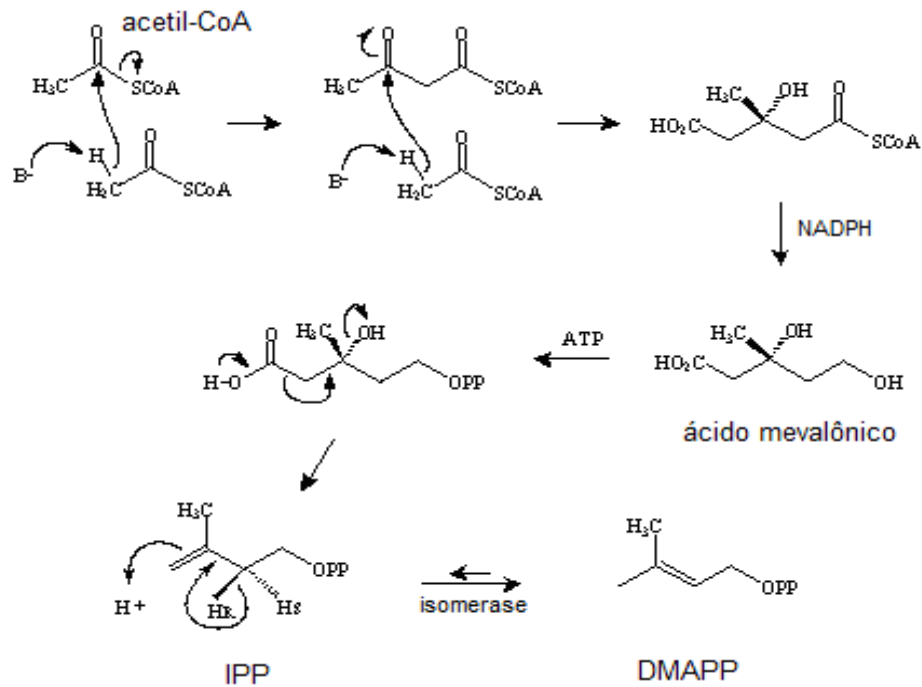


Figura 3- Formação de 3-isopentenil pirofosfato, IPP e 3,3'-dimetilalil pirofosfato, DMAPP, a partir acetil CoA, via ácido mevalônico.

Os terpenóides são classificados pelo tamanho da cadeia carbônica, ou seja, conforme o número de unidades de isopreno que foram combinadas para dar origem ao terpeno correspondente, tais como: hermiterpenos (C_5), monoterpenos (C_{10}), sesquiterpenos (C_{15}), diterpenos (C_{20}), sesterpenos (C_{25}), triterpenos (C_{30}) e tetraterpenos (C_{40}). A seguir é mostrada a biossíntese do precursor para a formação dos monoterpenos (figura 4) (DEWICK, 2002).

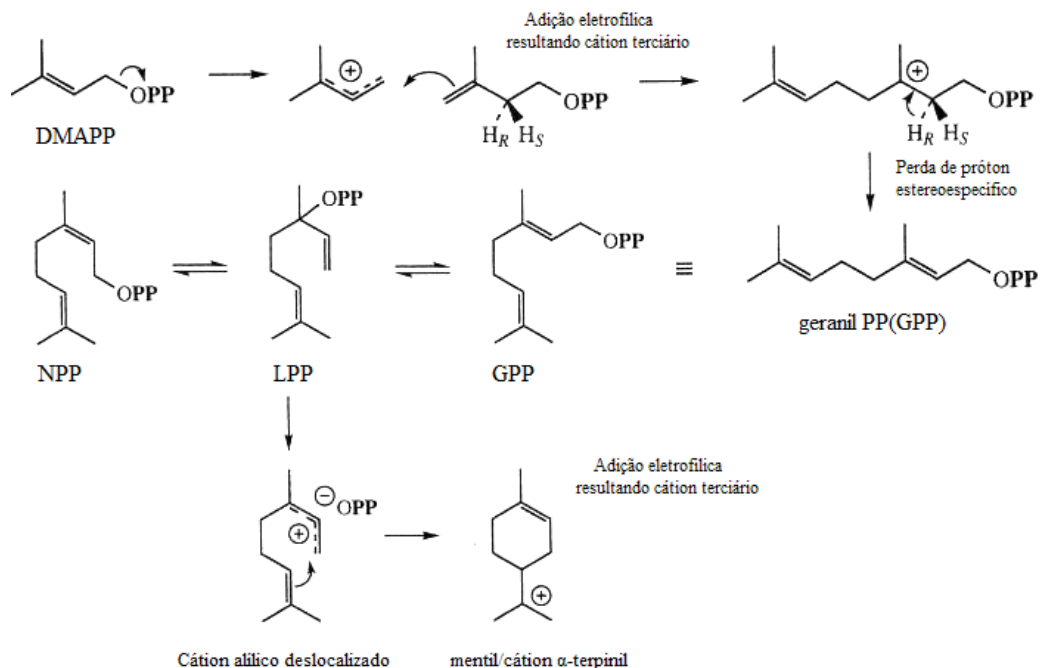


Figura 4- Formação do precursor para a biossíntese dos terpenóides, esquema adaptado (DEWICK, 2002).

O α -pineno trata-se de um monoterpene ($C_{10}H_{16}$) encontrado em vários óleos essenciais de plantas tais como as coníferas, como o pinheiro (Pinaceae) (FUNES *et al.*, 1973; LIM *et al.*, 2008; GERON *et al.*, 2010). Em animais o mesmo ocorre em térmitas, besouros, entre outros. Alguns estudos avaliaram a aplicação de α -pineno como produto de partida em sínteses, como é o caso da produção de verbenol (um bioinseticida e intermediário de várias sínteses de produtos farmacêuticos) por biotransformação do α -pineno (GERMANI *et al.*, 2002). Outros estudos enfatizam a atividade biológica do α -pineno, como pode ser visto no trabalho que comprova sua atividade carrapaticida (PRATES *et al.*, 1993). Na ecologia dos térmitas, o α -pineno apresenta alta toxicidade frente aos insetos predadores, tais como formigas e besouros (SIMÕES, *et al.*, 1999). Apresenta ainda atividade antifúngica, antibacteriana e função anti-séptica que diminui o risco iminente de doenças dentro da colônia (ROSENGAUS *et al.*, 2000; STOW & BEATTIE, 2008).

1.3. ENANTIÔMEROS E SEPARAÇÃO ENANTIOMÉRICA

Enantiômeros são tipos de isômeros que ocorrem em moléculas quirais, ou seja, em moléculas cuja sua imagem não é sobreponível. Essas substâncias podem ser encontradas na forma de mistura racêmica, quando os enantiômeros estão em igual proporção, ou podem estar em excesso de uma de suas formas. Estas possuem uma série de propriedades físicas e químicas iguais, tais como os pontos de fusão e ebulição e densidade. Entretanto, diferenciam-se em propriedade de rotação específica, $[\alpha]_{\lambda}$, quando um dos enantiômeros desvia a luz para esquerda e o outro para direita. Esta rotação é medida com o instrumento denominado polarímetro, onde a luz é polarizada antes de chegar a uma cela que contém a amostra, em seguida o ângulo de rotação é medido com a rotação de um polarizador, (figura 5). O ângulo de rotação depende da estrutura da molécula opticamente ativa, do comprimento de onda da luz utilizada, do comprimento da cela, do solvente e da temperatura, e segue a equação 1. Outra propriedade que difere os enantiômeros é quando estes estão na presença de outro composto quiral, ou seja, em um ambiente quiral (ELIEL & WILEN, 1994; SOLOMONS & FRYHLE, 2009).

$$[\alpha]_{\lambda} = \alpha / c \cdot \ell \quad (1)$$

Onde:

$[\alpha]_{\lambda}$ = rotação específica

α = rotação observada

c = concentração da solução em g/mL

ℓ = comprimento do tubo em dm

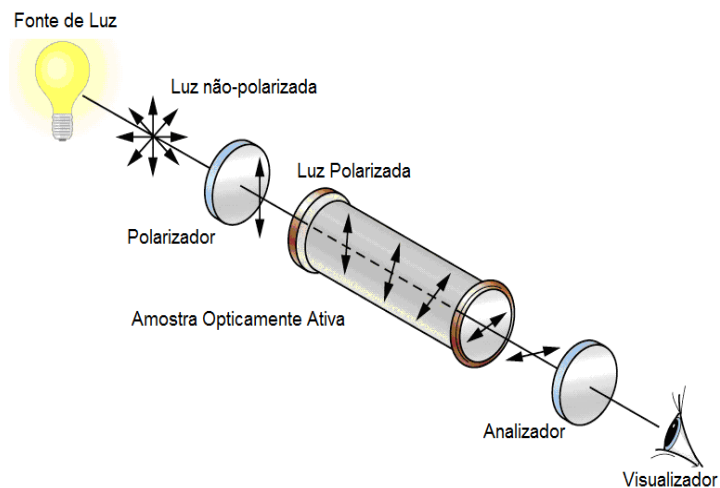


Figura 5- Esquema da medida de um enantiômero com um polarímetro.

Duas formas enantioméricas do α -pineno são conhecidas, S(-)- α -pineno e R(+)- α -pineno, e são biosinteticamente obtidas pelas imagens especulares do geranyl pirofosfato (GPP) (figura 6) (DEWICK, 2002).

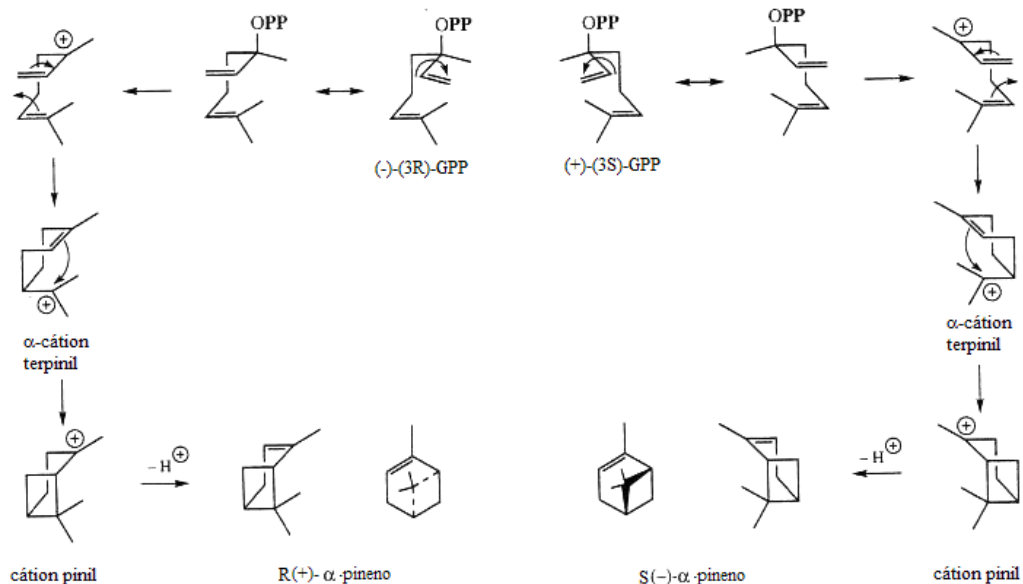


Figura 6- Formação dos enantiômeros (R)-(+)- α -pineno e (S)-(-)- α -pineno, (DEWICK, 2002).

A ocorrência de enantiômeros pode levar a características específicas. O limoneno, por exemplo, tem como uma de suas formas enantioméricas a principal responsável pelo odor das laranjas (R) enquanto

a outra forma é a responsável pelo odor dos limões (S). Outros casos envolvem medicamentos que possuem apenas um enantiômero ativo, podendo a outra forma ou a mistura, racemato, serem prejudiciais (FASSIHI, 1993; LIMA, 1997), dentre estes cabe ressaltar alguns casos para podermos compreender a importância de um estudo de quiralidade. Um muito conhecido e até polêmico é sobre a talidomida, medicamento usado para aliviar enjôos de mulheres grávidas, que foi usado por muitos anos, até que se descobriu que a forma dextrógira (giro da luz polarizada para a direita) do medicamento era a única que poderia ser eficiente enquanto que o outro enantiômero foi o responsável por várias anomalias em recém nascidos (FASSIHI, 1993), porém atualmente sabe-se que ambos os enantiômeros são prejudiciais por conta da epimerização do centro quiral dos mesmos “*in vivo*” (BARREIRO *et al.*, 1997).

O episódio da talidomida promoveu um grande desenvolvimento nos estudos relacionando quiralidade de medicamentos. E atualmente temos muitos exemplos de fármacos quirais disponíveis no mercado tais como naproxeno, propranolol, captopril (BARREIRO *et al.*, 1997) e penicilamina (LIMA, 1997), proporcionando assim uma maior segurança e eficácia terapêutica.

Historicamente, uma forma clássica de separação está ligada na reação da mistura racêmica com um único enantiômero de outro composto (figura 7). Esta estratégia faz com que a mistura racêmica se transforme em um mistura de diastereômeros, que por sua vez possuem propriedades físicas diferentes, logo podem ser separados por métodos convencionais, tais como cristalização ou cromatografia. Quando os diastereômeros forem separados, a reação inicial pode ser revertida para obter compostos enantiomericamente puros (ou enriquecidos) (CAREY & SUNDBERG, 2007).

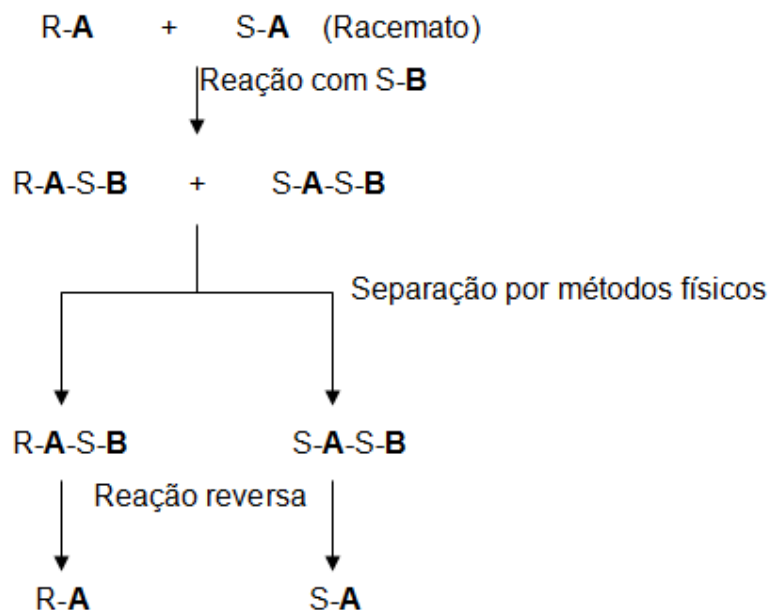


Figura 7- Representação da separação clássica de enantiômeros, esquema adaptado (CAREY & SUNDBERG, 2007).

Outro meio de resolução é a utilização de materiais quirais em uma separação física. Atualmente, muitas resoluções são feitas usando cromatografia líquida de alta pressão e cromatografia gasosa com auxílio de colunas de materiais quirais. A resolução por cromatografia depende da adsorção diferencial dos enantiômeros pela fase estacionária quiral, onde a velocidade dos dois enantiômeros é diferente e a separação é favorecida (ELIEL & WILEN, 1994; VOLHARD & SCHORE, 2004; CAREY & SUNDBERG, 2007; SOLOMONS & FRYHLE, 2009).

1.4. ANÁLISE CROMATOGRÁFICA

Uma das primeiras observações que se tem descrito a respeito de cromatografia é sobre o botânico Michael Tswett. Em 1906 o pesquisador utilizou uma coluna de vidro com carbonato de cálcio (fase estacionária) onde colocou extrato vegetal dissolvido em éter de petróleo (fase móvel), e à medida que ele adicionava mais éter de petróleo observou a separação de diversas cores, correspondentes ao caroteno, clorofila e xantofila. Surgiu então a palavra cromatografia que significa “escrever em cores”. O significado da palavra foi ampliado e cromatografia agora é usada para uma

série de processos nos quais as substâncias a serem separadas são particionadas no equilíbrio entre duas fases, móvel e estacionária (COLLINS *et al.*, 1997; JENNINGS *et al.*, 1997; AQUINO NETO & NUNES, 2003).

Cromatografia é uma técnica na qual os componentes de uma mistura são separados com base nas diferenças de velocidade quando são transportados por uma fase móvel líquida ou gasosa através de uma fase estacionária. A fase móvel é um fluido insolúvel na fase estacionária, podendo ser um gás, um líquido ou um fluido supercrítico. Já a fase estacionária pode ser um sólido ou um líquido imiscível imobilizado em uma coluna ou sobre uma superfície plana (COLLINS *et al.*, 1997; AQUINO NETO; NUNES, 2003; SKOOG *et al.*, 2008).

A cromatografia gasosa é uma das técnicas mais empregadas em análises qualitativas e quantitativas (SKOOG *et al.*, 2008). Esta por sua vez permite a separação de componentes de uma mistura através de uma fase móvel gasosa sobre uma fase estacionária. A cromatografia gasosa é utilizada para a separação de compostos volatilizáveis, isto é, os analitos a serem separados devem apresentar uma razoável pressão de vapor à temperatura de separação. Neste sentido, à medida que aumenta o caráter iônico do composto a sua volatilidade diminui, logo a possibilidade de separação via cromatografia gasosa se reduz (COLLINS *et al.*, 1997; AQUINO NETO & NUNES, 2003).

Neste trabalho utilizou-se cromatografia gasosa com uma coluna quiral do tipo β -ciclodextrina, polissacarídeo cíclico constituído por sete unidades de D-(+)-glicopirranose conectadas por ligações α -D-glicose (figura 8). β -ciclodextrinas possuem o exterior hidrofílico e a cavidade interior hidrofóbica, e nesta separação os enantiômeros entram, pelo menos parcialmente, na cavidade da β -ciclodextrina formando complexos diastereoméricos (FRACETO *et al.*, 2007; LOURENÇO *et al.*, 2010).

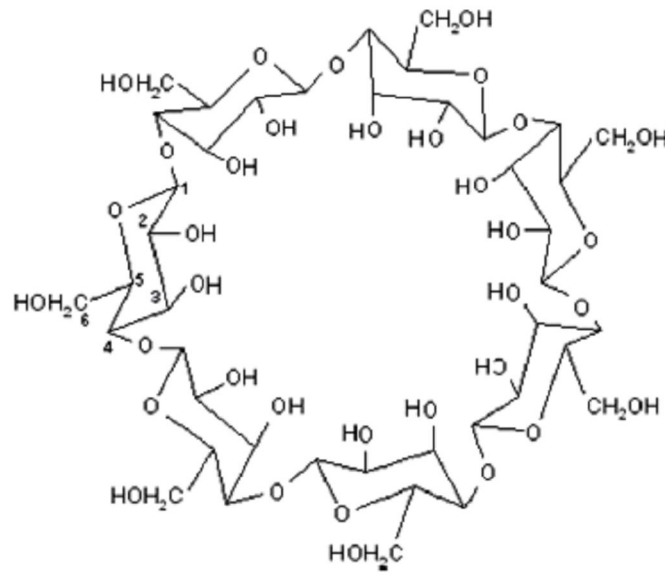


Figura 8- Representação esquemática da β -ciclodextrina (FRACETO *et al.*, 2007).

1.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A análise multivariada refere-se a todos os métodos estatísticos que conseguem fazer análise simultânea de mais de duas variáveis, onde é possível medir, explicar e prever relacionamentos entre variáveis estatísticas (HAIR-JÚNIOR *et al.*, 2005). Dentro da química, a partir da década de 70, o tratamento e interpretação de dados de natureza multivariada começaram a ser denominado de quimiometria não só para a visualização e interpretação dos dados, mas também para a investigação dos efeitos das condições experimentais sobre a resposta e otimização de seus valores (GIACOMINO *et al.*, 2011).

Neste trabalho foi empregada a análise de correspondência destendenciada (DCA), a análise de variância (ANOVA) e a análise de redundância (RDA).

A análise de correspondência destendenciada (DCA) é usada para descobrir o quão unimodal são os dados. Há então a medida da força do gradiente para determinar qual modelo utilizar, linear ou modal.

Tabela 1- Valores da força do gradiente e os modelos mais apropriados.

Gradiente (SD)	Modelo
< 3	Linear
> 5	Unimodal
$3 < s^2 < 5$	Linear ou Unimodal

A análise de variância é uma técnica estatística para determinar, com base em uma medida dependente, se várias amostras são oriundas de populações com médias iguais (HAIR-JÚNIOR *et al.*, 2005). A análise de variância então permite estabelecer se as médias das populações em um estudo são, ou não são estatisticamente iguais. Porém não permite concluir qual é, ou quais são as médias diferentes das demais. Por isso utiliza-se um teste “post hoc” como o teste de Tukey, que consegue estabelecer a diferença.

Análise de Redundância é a extensão direta de regressão múltipla para a modelagem de dados de resposta multivariada. Redundância expressa o quanto da variância em um conjunto de variáveis pode ser explicada pelo outro, onde há uma matriz de respostas e uma matriz explicativa.

A análise é assimétrica: Y é a tabela de variáveis de resposta e X é a tabela de variáveis explicativas. Olhando a questão sob uma perspectiva descritiva, pode-se dizer que a ordenação de Y é limitada de tal forma que os vetores ordenação resultantes são combinações lineares das variáveis em X (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998).

2. OBJETIVOS

O presente trabalho buscou verificar e comparar a produção de enantiômeros de α -pineno, R(+) ou S(-), na secreção defensiva de *C. cyphergaster* coletados em três diferentes regiões, Parque Nacional de Brasília (PNB), divisa de Goiás e Distrito Federal (DGDF) e Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN), em duas estações do ano, seca e chuvosa, nos anos de 2002 e 2003, com posterior avaliação da correlação com variáveis edáfico-climáticas utilizando análise multivariada dos dados com auxílio de softwares adequados.

3. METODOLOGIA

3.1. COLETA

O estudo foi realizado com duas populações de *C. cyphergaster* localizadas em áreas de proteção ambiental: Parque Nacional de Brasília, PNB, S: 15° 43'42"/W: 47° 56' 31" (figura 9), e Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, PESCAN, S: 17° 47' 57"/W: 48° 40' 53" (figura 10), e com uma terceira população localizada em área de intensa ação antrópica, na divisa do Estado de Goiás com o Distrito Federal, DGDF, S: 15° 57' 42"/ W: 48° 10' 31" (figura 11), às margens da rodovia BR-060. Em cada local foram escolhidos três ninhos, onde as coletas foram feitas em duplicata nas estações seca e úmida dos anos de 2002 e 2003. As coletas foram realizadas pelo professor Dr. Neucírio Ricardo de Azevedo. Os espécimes coletados foram acondicionados em recipientes a baixa temperatura, e mantidos sob refrigeração até a análise química, de modo a minimizar as perdas de voláteis.



Figura 9- Foto de satélite (06/10/2008), mostrando o local referente a coleta no Parque Nacional de Brasília (PNB), Fonte: Google Earth.

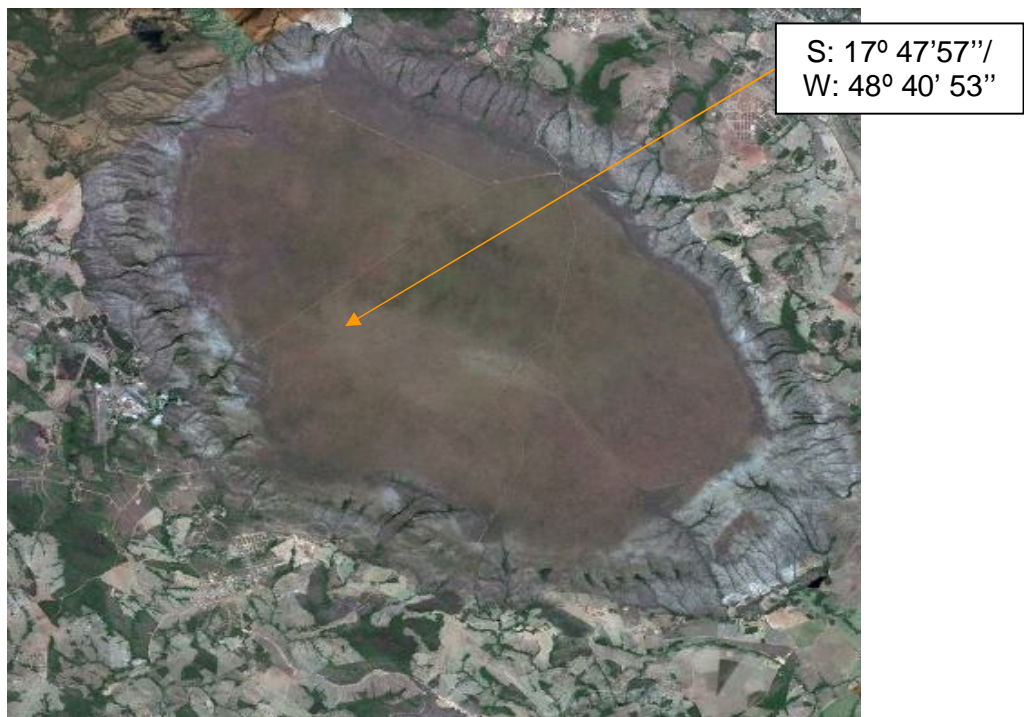


Figura 10- Foto satélite (15/09/2009), mostrando local de coleta referente ao Parque Estadual de Caldas Novas (PESCAN), Fonte: Google Earth.

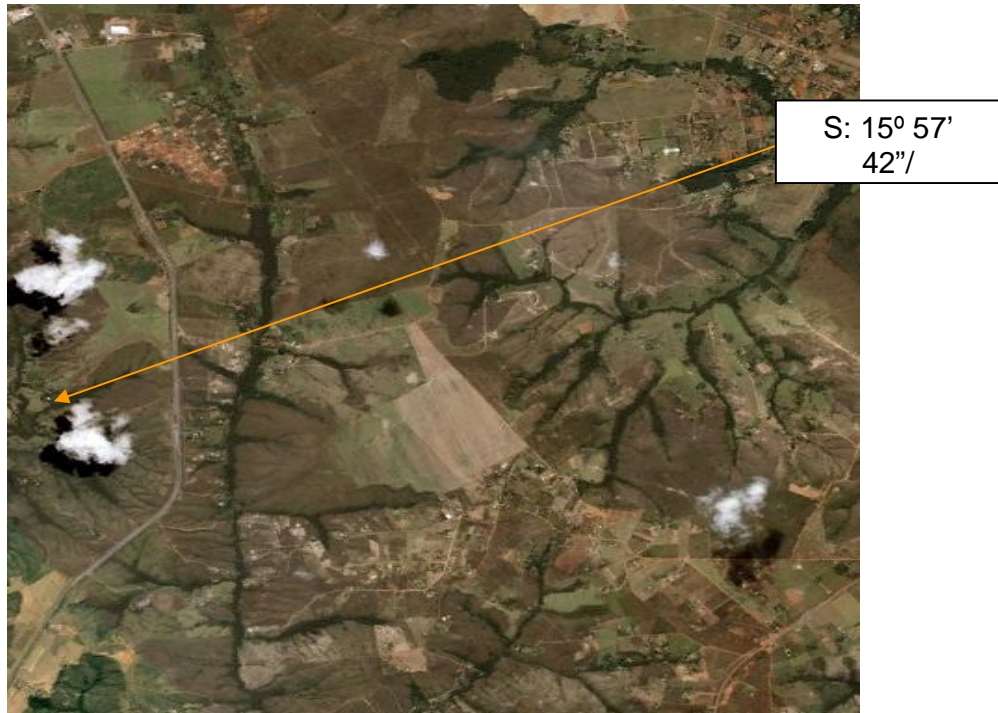


Figura 21- Foto de satélite (14/11/2003), mostrando local de coleta referente a coleta na Divisa de Goiás com Distrito Federal (DGDF), Fonte: Google Earth.

A coleta do solo foi realizada em três pontos em torno da árvore que contem o ninho. De cada ponto foram retirados cerca de 500 g de solo, a cerca de 35 cm de profundidade. A amostra foi caracterizada pela mistura dos três pontos de coleta.

As análises para obtenção dos dados edáficos foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Solo e Foliar (LASF), da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. Foram analisados o tipo de solo, argila e areia, e metais, ferro, zinco, manganês, magnésio, cobre, potássio e cálcio.

Os dados climáticos: temperatura, precipitação e umidade, foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (10º Distrito de Meteorologia, Goiânia, Goiás, Brasil).

3.2. IDENTIFICAÇÃO DE *Constrictotermes cyphergaster*

A identificação da espécie foi realizada pelo professor Dr. Divino Brandão no Laboratório de Isoptera do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás-ICB/UFG, através da comparação com o material da coleção termitológica.

3.3. EXTRAÇÃO

Os extratos foram obtidos através da extração via ultra-som, onde três soldados foram imersos em 1 mL de hexano grau Ultra-Resíduo (Baker; Phillipsburg, NJ, EUA) com posterior adição de agente secante, sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4 , Reagentes Analíticos Dinâmica; P.A.) e sonificando em seguida cerca de 60 segundos, em lavadora ultrasônica (Bransonic 2210, EUA). Em seguida 0,5 μL foram injetados no CG/EM, como está descrito no esquema a seguir (figura 12).

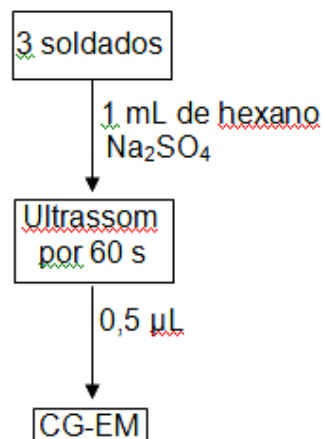


Figura 12- Esquema da obtenção da amostra.

O hexano foi escolhido por ser um solvente do tipo apolar tendo grande afinidade pela classe do composto de interesse (terpenóides) e o uso de agente secante foi para capturar possível água que poderia estar no sistema.

3.4. ESCOLHA DO MONOTERPENO

O α -pineno foi o monoterpene escolhido para o desenvolvimento deste trabalho de investigação quiral, pois foi o que apresentou maior intensidade, em termos de área do pico cromatográfico, na análise dos componentes voláteis da secreção defensiva desses espécimes, como pode ser visto no fragmento do cromatograma a seguir (figura 13).

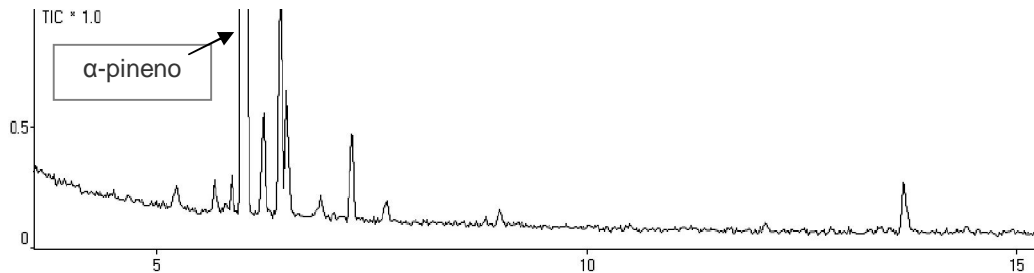


Figura 13- Parte do cromatograma da análise da secreção defensiva de *C. cyphergaster*, indicando o α -pineno (AZEVEDO, 2006).

3.5. SEPARAÇÃO ENANTIOMÉRICA DO α -PINENO

Uma das formas de se separar enantiômeros é colocando o racemato em um meio quiral. Portanto, quando se utiliza uma coluna cromatográfica do tipo quiral cada enantiômero terá uma velocidade de saída diferente, levando a uma separação eficiente.

Este estudo foi realizado em um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrômetro de massas (CG-EM), Shimadzu QP5050A (Kyoto, Japão) (figura 14), utilizando as seguintes condições cromatográficas: coluna quiral do tipo β -ciclodextrina (30 m de comprimento x 2,5 mm de diâmetro interno x 0,25 μ m de espessura de fase estacionária), gás Hélio como gás de arraste com vazão de 1,0 mL/min, operando em modo split de injeção e com varredura a 1,0 varredura/s de 40 a 400 m/z. As temperaturas de injetor e detector utilizadas foram de 220°C e 240°C, respectivamente. O gradiente de

programação de temperatura foi de 70 até 100°C na razão de 2°C/min e de 100 até 180°C na razão de 40°C/min, tendo um tempo total de análise de 17 min. A escolha da temperatura da coluna foi determinada devido a especificação do fabricante (Supelco's DEX™)



Figura 14- Cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas, Shimadzu QP5050A (Kyoto, Japão).

A identificação do constituinte, α -pineno, (AZEVEDO, 2006) foi realizada por comparação, automática e manual, do espectro de massas com o das bibliotecas NIST/EPA/NHI (1998), por comparação do espectro de massas e com os da literatura (figura 15) (ADAMS, 2001).

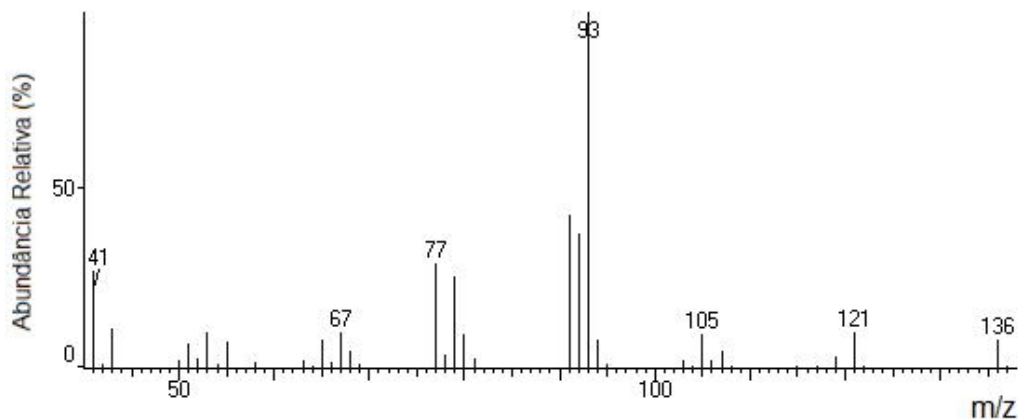


Figura 15- Espectro de massas referente do α -pineno, íons base e molecular m/z 93 e 136, respectivamente.

Já para a identificação dos enantiômeros de (R)-(+)- α -pineno e S-(-)- α -pineno a estratégia utilizada foram injeções de padrões dos enantiômeros (Sigma, St. Louis, MO, EUA). Onde cada padrão foi injetado separado, com intuito de descobrir os tempos de retenção referentes do (R)-(+)- α -pineno e também do (S)-(-)- α -pineno. Para confirmar a identificação, os padrões também foram injetados juntos, onde em um deles a concentração foi mantida e noutro a concentração foi aumentada para que assim a diferença entre os sinais ficasse mais pronunciada.

3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos das proporções dos enantiômeros de α -pineno da secreção defensiva dos espécimes foram submetidos, juntamente com dados edáfico-climáticos, às seguintes análises estatísticas: Análise de correspondência destendenciada (DCA), Análise de Variância (ANOVA) e Análise de Redundância (RDA).

A DCA foi feita para medir a força do gradiente para se determinar qual comportamento dos dados, linear ou modal.

A análise de variância foi usada para comparação múltipla de médias da composição enantiomérica nos diferentes locais de coleta, ano e estação.

Os dados da composição enantiomérica juntamente com os dados edáfico-climáticos foram submetidos a Análise de Redundância para se verificar se há caracterização das variáveis enantioméricas com as variáveis da matriz dita ambiental.

As análises estatísticas aqui citadas foram realizadas com o auxílio dos softwares, Canoco For Windows versão 4.5 e SAS versão 6.12.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. EXTRAÇÃO

O solvente utilizado no procedimento de extração foi o hexano. Este foi escolhido por ter característica apolar assim como o monoterpene de interesse, sendo capaz de extrair maior quantidade do analito quando submetidos ao ultrassom. Esta estratégia de extração já havia sido usada para a determinação dos componentes voláteis da secreção defensiva do *C. cyphergaster* (AZEVEDO, 2006). Vale ressaltar que foram feitos testes no sentido de preservar os componentes do equipamento, onde amostras com diferentes números de espécimes foram injetadas, 1, 3 e 5 soldados. A extração com 3 soldados foi a escolhida, pois houve uma boa resposta e não houve saturação do pico, preservando assim o detector e seus componentes e também a coluna, já que a quantidade de amostra foi menor.

4.2. COMPOSIÇÃO ENANTIOMÉRICA

Nos cromatogramas abaixo (figuras 16, 17 e 18) pode-se notar que as mudanças de estação, pelo menos a primeira vista, não seguem uma regra para a produção da composição enantiomérica de α -pineno.

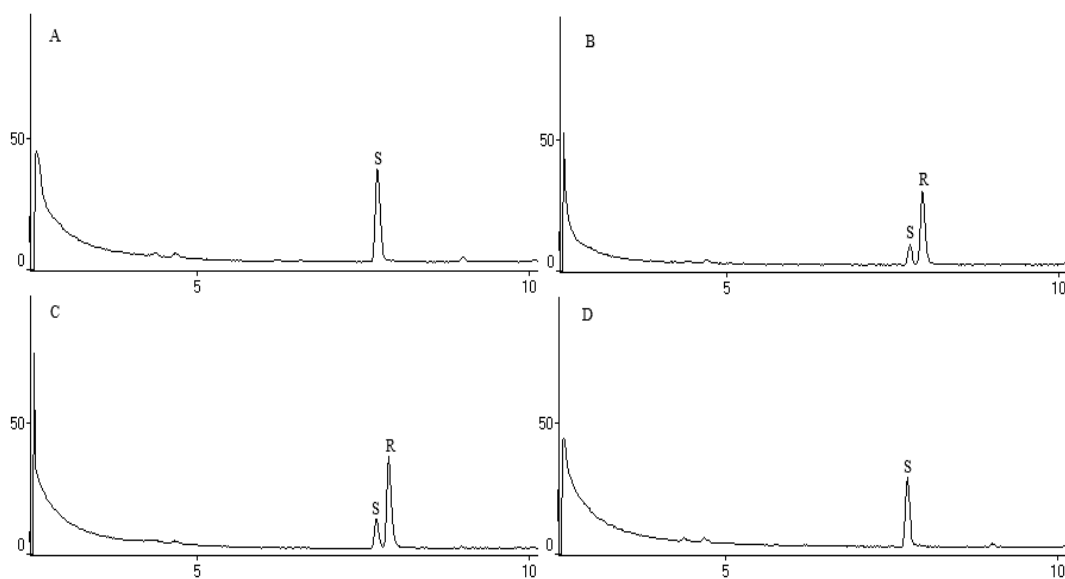


Figura 36- Composição enantiomérica de α -pineno em populações de *C. cyphergaster* observadas em PESCAN no ano de 2002, nas estações de seca (A) e úmida (B); ano de 2003, nas estações de seca (C) e úmida (D).

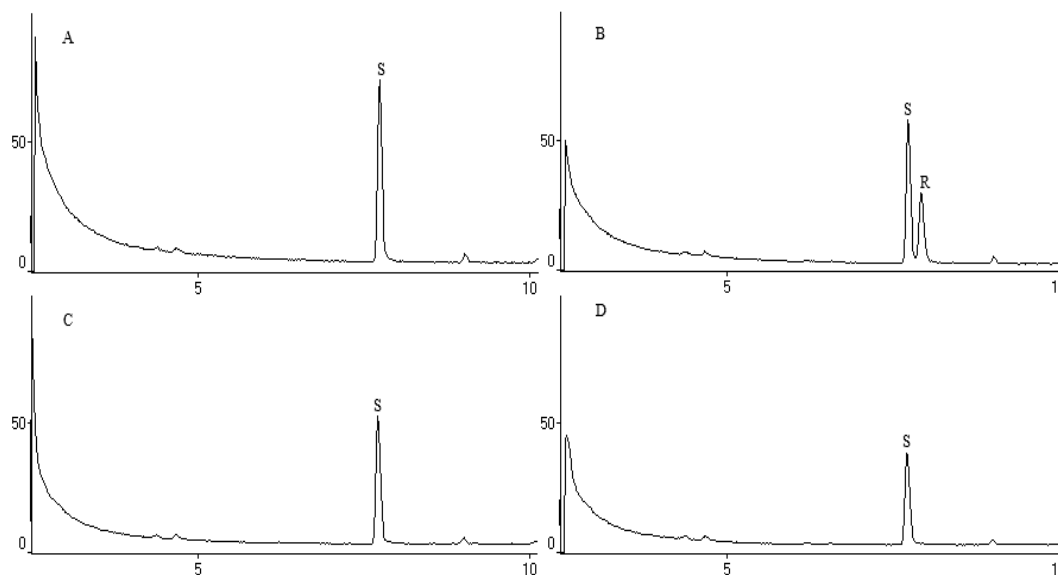


Figura 17- Composição enantiomérica de α -pineno em populações de *C. cyphergaster* observadas em DGDF no ano de 2002 nas estações de seca (A) e úmida (B); ano de 2003, nas estações de seca (C) e úmida (D).

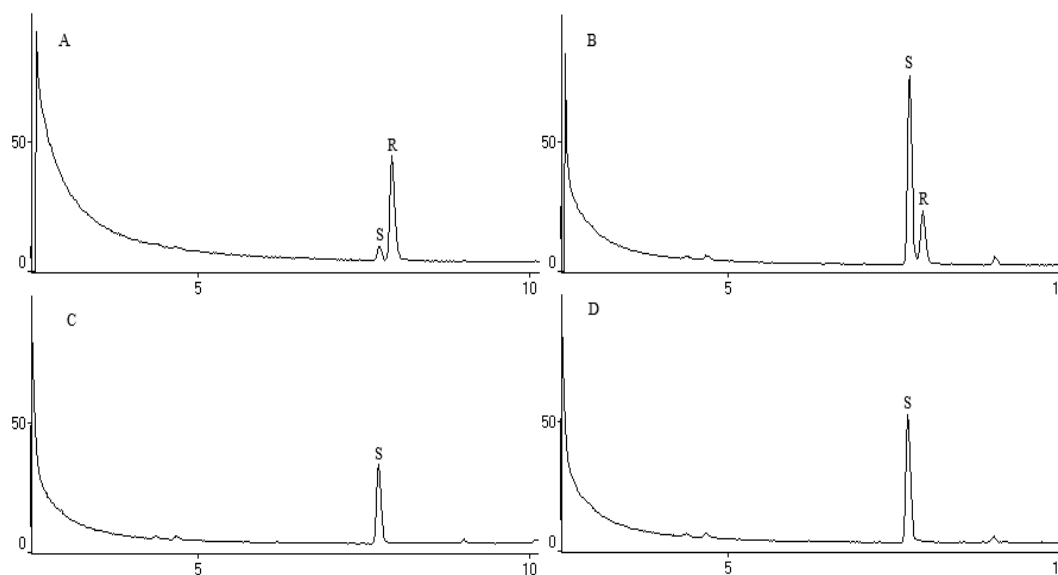


Figura 18- Composição enantiomérica de α -pineno em populações de *C. cyphergaster* observadas em PNB ano de 2002, nas estações de seca (A) e úmida (B); ano de 2003, nas estações de seca (C) e úmida (D).

Após a obtenção dos cromatogramas foram feitas as integrações para se obter o percentual de cada enantiômero nas amostras, que foram juntados com os dados edáfico-climáticos (tabela 8), anexo 1. De um modo geral foi observado uma predominância do enantiômero (S)-(-)- α -pineno tanto no período chuvoso quanto no período de seca, onde se observa um sutil aumento na produção deste enantiômero na estação seca. Houve

grande discrepância entre os valores das amostras, logo os dados médios (tabela 2) apresentam um alto desvio padrão, fato que pode influenciar na interpretação dos dados. A não homogeneidade da produção de enantiômeros deste monoterpeneo já foi relatada em estudos feitos em plantas (VALTEROVÁ *et al.*, 1995; OCHOKA *et al.*, 1997).

Tabela 2- Porcentagem de enantiômeros de α -pineno, nas estações de seca e úmida, para *Constrictotermes cyphergaster*, de acordo com local de coleta e ano de amostragem.

	PESCAN			DGDF		PNB	
	Ano	Seca	Úmido	Seca	Úmido	Seca	Úmido
(S)-(-)- α -pineno	2002	99,1Aa	55,7Aa	83,9Aa	67,1Aa	37,5Aa	60,8Aa
	2003	73,6Aa	97,8Aa	91,9Aa	86,2Aa	99,8Aa	68,8Aa
(R)-(+)- α -pineno	2002	0,893Aa	44,3Aa	16,1Aa	32,9Aa	62,5Aa	39,1Aa
	2003	26,4Aa	2,23Aa	8,13Aa	13,8Aa	0,243Aa	31,2Aa

*Médias com mesma letra maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente. Médias com mesma letra minúscula nas linhas não diferem estatisticamente.

4.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

4.3.1. ANOVA

Para a realização da ANOVA primeiro foi necessário verificar a homocedasticidade dos dados usando o teste de Hartley ou teste da razão máxima. Os dados originais se comportaram de forma heterocedástica ao nível de $\alpha=0,05$. Então as variáveis foram transformadas pelo arcoseno($\sqrt{x}/100$) e pela ordem dos mesmos (rank). Os sumários ANOVA para os dados transformados pelo arcoseno($\sqrt{x}/100$) e rank (tabelas 3 e 4, respectivamente) mostram que as médias não se diferenciam estatisticamente ao nível de 95 %, pois apresentam $p>0,05$. Este resultado está mostrado na comparação múltipla das médias da composição enantiomérica dentro dos diferentes locais, períodos e anos (tabela 2), utilizando o teste de Tukey.

Tabela 3- Sumário ANOVA para os dados obtidos por rank.

Fonte	GL	SQ	MQ	F	P
L	2	191,375	95,688	0,59	0,571
C(L)	6	468,500	78,083	0,48	0,812
P	1	12,250	12,250	0,08	0,789
L*P	2	16,625	8,312	0,05	0,950
P*C(L)	6	319,000	53,167	0,33	0,911
A	1	427,111	427,111	2,62	0,132
L*A	2	238,930	119,465	0,73	0,501
P*A	1	30,250	30,250	0,19	0,674
L*P*A	2	224,293	112,146	0,69	0,521

L=local da coleta; C= colônia; P= período e A= ano.

Tabela 4- Sumário ANOVA para os dados transformados pelo arcoseno($\sqrt{(x/100)}$).

Fonte	GL	SQ	MQ	F	P
L	2	0,2766	0,1383	0,43	0,6583
C(L)	6	0,6756	0,1126	0,35	0,8950
P	1	0,1267	0,1267	0,40	0,5405
L*P	2	0,0111	0,0055	0,02	0,9829
P*C(L)	6	0,9159	0,1526	0,48	0,8123
A	1	0,6355	0,6355	1,99	0,1837
L*A	2	0,2836	0,1418	0,44	0,6515
P*A	1	0,0369	0,0369	0,12	0,7397
L*P*A	2	0,9237	0,4619	1,45	0,2737

L=local da coleta; C= colônia; P= período e A= ano.

4.3.2. DCA

Para começar as análises deve se descobrir qual o modelo de ordenação apropriado, medindo a força do gradiente. A força do gradiente foi medida utilizando a DCA para prever se o modelo é linear ou unimodal. Foi encontrando um valor de (SD=1,027), que nos diz que os dados se comportam de forma linear.

4.3.3. RDA

Análises de Redundância foram realizadas a partir dos dados das matrizes resposta e ambiente, tabelas 9 e 10, respectivamente (anexo 2). Estas análises foram feitas com o objetivo de correlacionar uma matriz de dados com a outra, ou seja, quanto que a matriz das espécies é explicada pela matriz do ambiente.

Regressões múltiplas são realizadas antes do cálculo dos escores para que efeitos de flutuação sejam eliminados e haja convergência dos dados mais rapidamente. O teste de hipótese utilizado para as tendências foram permutações de Monte Carlo (999 permutações).

Foram realizadas várias RDAs em busca da correlação estatisticamente significativa. Porém não se obteve a explicação das espécies pelo ambiente ao nível de 95 % de confiança.

Abaixo, duas das RDAs estão explanadas para maior compreensão (tabelas 5 e 6). A primeira RDA foi realizada com todas as variáveis da matriz ambiental e o sumário desta está apresentado na tabela 5. Podemos observar que 0,222 (22,2 %) da variância pode ser explicada por estas variáveis ambientais, porém esta explicação não foi estatisticamente significativa ao nível de 95% de confiança, além de termos observado várias variáveis se comportando de forma colinear e inflacionando o modelo.

Tabela 5- Parâmetros RDA com todas as variáveis da matriz ambiental.

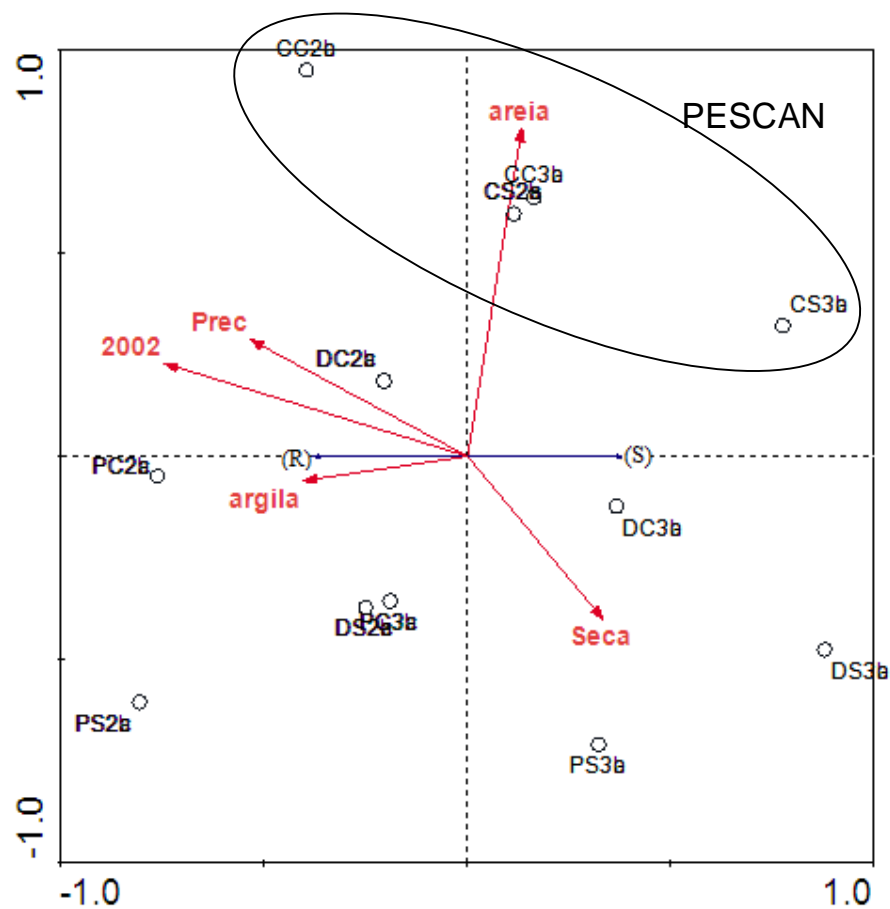
Soma de autovalores canônicos	F	P
0,222	1,141	0,3460

Na tentativa de aumentar a correlação e a tornar significativa foi realizada uma segunda RDA, onde foram testadas apenas seis variáveis ambientais (Seca, Chuva, 2002, 2003, Umidade e Precipitação). Porém houve redução da correlação e a mesma continuou sem significância estatística (tabela 6).

Tabela 6- Parâmetros RDA com as variáveis da matriz ambiental incompleta.

Soma de autovalores canônicos	F	P
0,148	1,351	0,2710

O gráfico da RDA (figura 19) foi plotado contendo matriz resposta, amostras e variáveis ambientais. Podemos observar a dispersão das amostras e qual(is) variável(is) ambiental(is) estaria discriminando grupos. Percebe-se que as amostras referentes a PESCAN formam um grupo separado pela variável areia.

**Figura 19-** RDA, com amostras, matriz resposta e variáveis ambientais.

4.4. POSSÍVEIS FATORES EXPLICATIVOS

Devido à fraca correlação dos fatores ambientais com a composição enantiomérica, buscamos por alguns fatores que possam explicar a variação na produção desses enantiômeros.

Fatores ecológicos tais como: policalismo sazonal (BEZERRA-GUSMÃO *et al.*, 2009), idade da colônia, produção de ninfas, períodos com maior ou menor quantidade de soldados, presença de inquilinos (*Inquilinitermes*) (CUNHA, 2000), podem estar influenciando na composição enantiomérica da secreção defensiva dos soldados.

A composição enantiomérica pode ser classificada como sendo um fenótipo dos térmitas estudados, ou seja, é uma característica dependente do genótipo (genes) e do ambiente (FUTUYMA, 1986; SIMÕES *et al.*, 1999). Tendo baixa correlação com o ambiente, logo pode-se supor que esta variação tem uma maior contribuição genética.

O que torna os indivíduos de uma população distintos é a constituição genética de cada um e são os processos de mutação e recombinação genética que ditam isso (VELAME & ALMEIDA, 2009). Mutações são mudanças na sequência de pares de base de um gene e podem ser consideradas como a fonte primária da variabilidade, enquanto que a recombinação atua "misturando" os diferentes genes nos seres vivos. É uma rota metabólica pode ser alterada por alelos de gene com efeitos diferentes (gene mutante).

A alteração genética pode ser originada por uma possível troca do casal real (reprodutores) dentro da colônia desses térmitas, morte dos reprodutores primários e substituição. Essa alteração pode ser também por haver mais de um casal real em atividade, visto que há estudos (CUNHA & BRANDÃO, 2002; MOURA, 2011) que relatam terem encontrado mais de um casal real em colônias desses espécimes.

5. CONCLUSÕES

Há uma produção enantiomérica de α -pineno por parte das populações de *C.cyphergaster*, que pode ser um fator importante para auxiliar em estudos quimiotaxonômicos desses espécimes.

Nas populações avaliadas há maior produção do enantiômero S. Entretanto nesse trabalho e com os dados disponíveis não foi possível correlacionar esta tendência com fatores edáfico-climáticos dentro de probabilidades estatisticamente significativas. O resultado observado também é o mesmo visto em trabalhos com certas plantas.

A variação da composição enantiomérica pode estar relacionada a outros fatores que não os edáfico-climáticos, tais como: fatores ecológicos, genéticos e eusociais.

ANEXO 1

Tabela 7- Composição enantiomérica do α -pineno e dados edáfico-climáticos referente a todas as amostras.

Amostra	S	R	Argila	Areia	Cu	Fe	Mn	Zn	K	Ca	Mg	Umidade (%)	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)
CS2a	98,89	1,12	54,00	26,00	0,30	11,70	6,30	2,80	43,00	0,20	0,10	58,00	0,00	20,60
CS2b	99,65	0,35	54,00	26,00	0,30	11,70	6,30	2,80	43,00	0,20	0,10	58,00	0,00	20,60
CS2c	98,79	1,21	54,00	26,00	0,30	11,70	6,30	2,80	43,00	0,20	0,10	58,00	0,00	20,60
DS2a	99,94	0,06	49,00	21,00	0,40	16,00	1,20	0,90	61,00	0,30	0,20	55,00	16,50	20,10
DS2b	99,38	0,62	49,00	21,00	0,40	16,00	1,20	0,90	61,00	0,30	0,20	55,00	16,50	20,10
DS2c	52,29	47,72	49,00	21,00	0,40	16,00	1,20	0,90	61,00	0,30	0,20	55,00	16,50	20,10
PS2a	9,05	90,96	57,00	22,00	0,30	5,00	53,90	23,50	38,00	0,20	0,10	55,00	16,50	20,10
PS2b	4,03	95,97	57,00	22,00	0,30	5,00	53,90	23,50	38,00	0,20	0,10	55,00	16,50	20,10
PS2c	99,54	0,46	57,00	22,00	0,30	5,00	53,90	23,50	38,00	0,20	0,10	55,00	16,50	20,10
CC2a	50,55	49,46	54,00	26,00	0,30	11,70	6,30	2,80	43,00	0,20	0,10	73,00	228,80	24,00
CC2b	99,39	0,36	54,00	26,00	0,30	11,70	6,30	2,80	43,00	0,20	0,10	73,00	228,80	24,00
CC2c	17,02	82,98	54,00	26,00	0,30	11,70	6,30	2,80	43,00	0,20	0,10	73,00	228,80	24,00
DC2a	34,53	65,48	49,00	21,00	0,40	16,00	1,20	0,90	61,00	0,30	0,20	66,00	133,30	22,30
DC2b	99,86	0,14	49,00	21,00	0,40	16,00	1,20	0,90	61,00	0,30	0,20	66,00	133,30	22,30
DC2c	66,83	33,17	49,00	21,00	0,40	16,00	1,20	0,90	61,00	0,30	0,20	66,00	133,30	22,30
PC2a	78,11	21,89	57,00	22,00	0,30	5,00	53,90	23,50	38,00	0,20	0,10	66,00	133,30	22,30
PC2b	99,76	0,25	57,00	22,00	0,30	5,00	53,90	23,50	38,00	0,20	0,10	66,00	133,30	22,30
PC2c	4,68	95,32	57,00	22,00	0,30	5,00	53,90	23,50	38,00	0,20	0,10	66,00	133,30	22,30
CS3a	23,73	76,27	54,00	26,00	0,30	11,70	6,30	2,80	43,00	0,20	0,10	54,00	0,00	20,20
CS3b	98,07	1,94	54,00	26,00	0,30	11,70	6,30	2,80	43,00	0,20	0,10	54,00	0,00	20,20
CS3c	99,02	0,98	54,00	26,00	0,30	11,70	6,30	2,80	43,00	0,20	0,10	54,00	0,00	20,20
DS3a	99,89	0,12	49,00	21,00	0,40	16,00	1,20	0,90	61,00	0,30	0,20	53,00	0,00	19,00
DS3b	75,87	24,13	49,00	21,00	0,40	16,00	1,20	0,90	61,00	0,30	0,20	53,00	0,00	19,00
DS3c	99,87	0,14	49,00	21,00	0,40	16,00	1,20	0,90	61,00	0,30	0,20	53,00	0,00	19,00
PS3a	99,64	0,36	57,00	22,00	0,30	5,00	53,90	23,50	38,00	0,20	0,10	53,00	0,00	19,00
PS3b	99,92	0,09	57,00	22,00	0,30	5,00	53,90	23,50	38,00	0,20	0,10	53,00	0,00	19,00
PS3c	99,72	0,29	57,00	22,00	0,30	5,00	53,90	23,50	38,00	0,20	0,10	53,00	0,00	19,00
CC3a	94,41	5,60	54,00	26,00	0,30	11,70	6,30	2,80	43,00	0,20	0,10	81,00	424,50	23,70
CC3b	99,82	0,18	54,00	26,00	0,30	11,70	6,30	2,80	43,00	0,20	0,10	81,00	424,50	23,70

CC3c	99,10	0,90	54,00	26,00	0,30	11,70	6,30	2,80	43,00	0,20	0,10	81,00	424,50	23,70
DC3a	99,92	0,09	49,00	21,00	0,40	16,00	1,20	0,90	61,00	0,30	0,20	79,00	229,40	21,80
DC3b	58,75	41,25	49,00	21,00	0,40	16,00	1,20	0,90	61,00	0,30	0,20	79,00	229,40	21,80
DC3c	99,85	0,16	49,00	21,00	0,40	16,00	1,20	0,90	61,00	0,30	0,20	79,00	229,40	21,80
PC3a	99,89	0,11	57,00	22,00	0,30	5,00	53,90	23,50	38,00	0,20	0,10	79,00	229,40	21,80
PC3b	6,58	93,43	57,00	22,00	0,30	5,00	53,90	23,50	38,00	0,20	0,10	79,00	229,40	21,80
PC3c	99,90	0,10	57,00	22,00	0,30	5,00	53,90	23,50	38,00	0,20	0,10	79,00	229,40	21,80

C, D e P= Locais de coleta PESCAN, DGDF e PNB, respectivamente; **S e C**= Períodos seco e úmido, respectivamente; **2 e 3**= anos de 2002 e 2003, respectivamente; **a, b e c**= Diferentes ninhos (colônia) por região.

ANEXO 2

Tabela 8- Matriz das variáveis respostas.

	Y1	y2	y3	y4
CS2a	98,885	1,115	1,465	0,106
CS2b	99,650	0,350	1,512	0,059
CS2c	98,788	1,213	1,460	0,110
DS2a	99,943	0,057	1,547	0,024
DS2b	99,380	0,620	1,492	0,079
DS2c	52,285	47,715	0,808	0,763
PS2a	9,045	90,955	0,305	1,265
PS2b	4,030	95,970	0,202	1,369
PS2c	99,536	0,464	1,503	0,068
CC2a	50,545	49,455	0,791	0,780
CC2b	99,388	0,363	1,492	0,060
CC2c	17,020	82,980	0,425	1,146
DC2a	34,525	65,475	0,628	0,943
DC2b	99,858	0,143	1,533	0,038
DC2c	66,830	33,170	0,957	0,614
PC2a	78,110	21,890	1,084	0,487
PC2b	99,755	0,245	1,521	0,050
PC2c	4,680	95,320	0,218	1,353
CS3a	23,728	76,273	0,509	1,062
CS3b	98,065	1,935	1,431	0,140
CS3c	99,020	0,980	1,472	0,099
DS3a	99,885	0,115	1,537	0,034
DS3b	75,867	24,133	1,057	0,514
DS3c	99,865	0,135	1,534	0,037
PS3a	99,640	0,360	1,511	0,060
PS3b	99,915	0,085	1,542	0,029
PS3c	99,715	0,285	1,517	0,053
CC3a	94,405	5,595	1,332	0,239
CC3b	99,820	0,180	1,528	0,042
CC3c	99,097	0,903	1,476	0,095
DC3a	99,915	0,085	1,542	0,029
DC3b	58,750	41,250	0,873	0,697
DC3c	99,845	0,155	1,531	0,039
PC3a	99,890	0,110	1,538	0,033
PC3b	6,575	93,425	0,259	1,311
PC3c	99,898	0,103	1,539	0,032

y1 e **y2**= Resposta de (S)-(-)- α -pineno e (R)-(+)- α -pineno, respectivamente; **y3** e **y4**= Resposta dos dados transformados de (S)-(-)- α -pineno e (R)-(+)- α -pineno; **C**, **D** e **P**= Locais de coleta PESCAN, DGDF e PNB, respectivamente; **S** e **C**= Períodos seco e úmido, respectivamente; **2** e **3**= anos de 2002 e 2003, respectivamente; **a**, **b** e **c**= Diferentes ninhos (colônia) por região.

Tabela 9- Matriz das variáveis ambientais.

	CN	DV	PN	Seca	Chuva	2002	2003	argila	areia	Cu	Fe	Mn	Zn	K	Ca	Mg	Umi	Prec	Temp
CS2a	1	0	0	1	0	1	0	0,825	0,535	0,114	1,104	0,863	0,580	1,643	0,079	0,041	1,771	0,000	1,334
CS2b	1	0	0	1	0	1	0	0,825	0,535	0,114	1,104	0,863	0,580	1,643	0,079	0,041	1,771	0,000	1,334
CS2c	1	0	0	1	0	1	0	0,825	0,535	0,114	1,104	0,863	0,580	1,643	0,079	0,041	1,771	0,000	1,334
DS2a	0	1	0	1	0	1	0	0,775	0,476	0,146	1,230	0,342	0,279	1,792	0,114	0,079	1,748	1,243	1,324
DS2b	0	1	0	1	0	1	0	0,775	0,476	0,146	1,230	0,342	0,279	1,792	0,114	0,079	1,748	1,243	1,324
DS2c	0	1	0	1	0	1	0	0,775	0,476	0,146	1,230	0,342	0,279	1,792	0,114	0,079	1,748	1,243	1,324
PS2a	0	0	1	1	0	1	0	0,856	0,488	0,114	0,778	1,740	1,389	1,591	0,079	0,041	1,748	1,243	1,324
PS2b	0	0	1	1	0	1	0	0,856	0,488	0,114	0,778	1,740	1,389	1,591	0,079	0,041	1,748	1,243	1,324
PS2c	0	0	1	1	0	1	0	0,856	0,488	0,114	0,778	1,740	1,389	1,591	0,079	0,041	1,748	1,243	1,324
CC2a	1	0	0	0	1	1	0	0,825	0,535	0,114	1,104	0,863	0,580	1,643	0,079	0,041	1,869	2,361	1,398
CC2b	1	0	0	0	1	1	0	0,825	0,535	0,114	1,104	0,863	0,580	1,643	0,079	0,041	1,869	2,361	1,398
CC2c	1	0	0	0	1	1	0	0,825	0,535	0,114	1,104	0,863	0,580	1,643	0,079	0,041	1,869	2,361	1,398
DC2a	0	1	0	0	1	1	0	0,775	0,476	0,146	1,230	0,342	0,279	1,792	0,114	0,079	1,826	2,128	1,367
DC2b	0	1	0	0	1	1	0	0,775	0,476	0,146	1,230	0,342	0,279	1,792	0,114	0,079	1,826	2,128	1,367
DC2c	0	1	0	0	1	1	0	0,775	0,476	0,146	1,230	0,342	0,279	1,792	0,114	0,079	1,826	2,128	1,367
PC2a	0	0	1	0	1	1	0	0,856	0,488	0,114	0,778	1,740	1,389	1,591	0,079	0,041	1,826	2,128	1,367
PC2b	0	0	1	0	1	1	0	0,856	0,488	0,114	0,778	1,740	1,389	1,591	0,079	0,041	1,826	2,128	1,367
PC2c	0	0	1	0	1	1	0	0,856	0,488	0,114	0,778	1,740	1,389	1,591	0,079	0,041	1,826	2,128	1,367
CS3a	1	0	0	1	0	0	1	0,825	0,535	0,114	1,104	0,863	0,580	1,643	0,079	0,041	1,740	0,000	1,326
CS3b	1	0	0	1	0	0	1	0,825	0,535	0,114	1,104	0,863	0,580	1,643	0,079	0,041	1,740	0,000	1,326
CS3c	1	0	0	1	0	0	1	0,825	0,535	0,114	1,104	0,863	0,580	1,643	0,079	0,041	1,740	0,000	1,326
DS3a	0	1	0	1	0	0	1	0,775	0,476	0,146	1,230	0,342	0,279	1,792	0,114	0,079	1,732	0,000	1,301
DS3b	0	1	0	1	0	0	1	0,775	0,476	0,146	1,230	0,342	0,279	1,792	0,114	0,079	1,732	0,000	1,301
DS3c	0	1	0	1	0	0	1	0,775	0,476	0,146	1,230	0,342	0,279	1,792	0,114	0,079	1,732	0,000	1,301

PS3a	0	0	1	1	0	0	1	0,856	0,488	0,114	0,778	1,740	1,389	1,591	0,079	0,041	1,732	0,000	1,301
PS3b	0	0	1	1	0	0	1	0,856	0,488	0,114	0,778	1,740	1,389	1,591	0,079	0,041	1,732	0,000	1,301
PS3c	0	0	1	1	0	0	1	0,856	0,488	0,114	0,778	1,740	1,389	1,591	0,079	0,041	1,732	0,000	1,301
CC3a	1	0	0	0	1	0	1	0,825	0,535	0,114	1,104	0,863	0,580	1,643	0,079	0,041	1,914	2,629	1,393
CC3b	1	0	0	0	1	0	1	0,825	0,535	0,114	1,104	0,863	0,580	1,643	0,079	0,041	1,914	2,629	1,393
CC3c	1	0	0	0	1	0	1	0,825	0,535	0,114	1,104	0,863	0,580	1,643	0,079	0,041	1,914	2,629	1,393
DC3a	0	1	0	0	1	0	1	0,775	0,476	0,146	1,230	0,342	0,279	1,792	0,114	0,079	1,903	2,362	1,358
DC3b	0	1	0	0	1	0	1	0,775	0,476	0,146	1,230	0,342	0,279	1,792	0,114	0,079	1,903	2,362	1,358
DC3c	0	1	0	0	1	0	1	0,775	0,476	0,146	1,230	0,342	0,279	1,792	0,114	0,079	1,903	2,362	1,358
PC3a	0	0	1	0	1	0	1	0,856	0,488	0,114	0,778	1,740	1,389	1,591	0,079	0,041	1,903	2,362	1,358
PC3b	0	0	1	0	1	0	1	0,856	0,488	0,114	0,778	1,740	1,389	1,591	0,079	0,041	1,903	2,362	1,358
PC3c	0	0	1	0	1	0	1	0,856	0,488	0,114	0,778	1,740	1,389	1,591	0,079	0,041	1,903	2,362	1,358

C, D e P= Locais de coleta PESCAN, DGDF e PNB, respectivamente; **S e C**= Estações de seca e de chuva, respectivamente; **2 e 3**= anos de 2002 e 2003, respectivamente; **a, b e c**= Diferentes ninhos (colônia) por região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. A.; VETTER, D. A análise de relações entre conjuntos de variáveis na matriz geográfica: correlação canônica. In: FAISSOL, S. **Tendências atuais na geografia urbano/ regional: teorização e quantificação**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978. p. 133-144.
- ADAMS, R.P. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy. Allured, Illinois, 468 p. 2001.
- AQUINO NETO, F. R.; NUNES, D. S. S. **Cromatografia: Princípios básicos e técnicas afins**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 187p.
- AZEVEDO, N. R. **Composição química e variabilidade intra-específica dos constituintes voláteis da secreção de defesa de *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae)**. 2006. 60p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.
- AZEVEDO, N. R.; FERRI, P. H.; BRANDÃO, D.; SERAPHIN, J. C. Chemical composition and intraspecific variability of the volatile constituents from the defensive secretion of *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). **Sociobiology**, v. 47, n. 3, 2006.
- BARREIRO, E. J.; FERREIRA, V. F.; Costa, P. R. R. Substâncias enantiomericamente puras (sep): a questão dos fármacos quirais. **Química nova**, v. 20 (6), 1997.
- BEZERRA-GUSMAO, M. A.; KOGISO, K. A.; HONORATO, T. O.; MELO, T. X.; BARBOSA, J. R. C.; BANDEIRA, A. G. Polycyclic Nest Systems and Levels of Aggression of *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae) in the Semi-Arid Region of Brazil. **Sociobiology**, v. 53, n. 1, 2009.
- CANOCO FOR WINDOWS, Wageningen, The Netherlands, 1997.
- CAREY, F. A.; SUNDBERG, R. J. **Advanced Organic Chemistry**. 5ª ed. Charlottesville, Virginia: Springer, 2007. 1212p.
- COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Introdução a métodos cromatográficos**. 7ª ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1997. 279 p.
- CONSTANTINO, R. & A.M. COSTA-LEONARDO. A new species of *Constrictotermes* from Central Brazil with Notes on the Mandibular Glands of workers (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae), **Sociobiology**. v. 30, n. 2, p. 213-223, 1997.

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

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

CUNHA, H.F. & BRANDÃO, D. Invertebrates associated with the Neotropical Termite *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera: Termitidae, Nasutitermitinae). **Sociobiology**, v. 37, p. 593-599, 2000.

CUNHA, H. F. **Estudo de colônias de *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae: Nasutitermitinae) no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas – GO**. 2000. 79 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2000.

DEWICK, P.M. **Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach**. Nottingham: John Wiley & Sons, LTD, 2002.

EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E. Monitoring the response of tropical insects to changes in the environment: troubles with termites. In: HARRINGTON, R.; STORK, N. (eds.). **Insects in a changing environment**. London: Academic Press., 1995. p. 473-497.

ELIEL, E. L.; WILEN, S. H. **Stereochemistry of Organic Compounds**. New York: John Wiley, 1994.

FASSIHI, A. R. Racemates and enantiomers in drug development. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 92, p. 1-14, 1993.

FRACETO, L. F. *et al.* Caracterização do complexo de inclusão ropivacaína: b-ciclodextrina. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1203-1207, 2007.

FUNES, A.; SÁNCHEZ-MEDINA, F.; MAYOR, F. Terpene composition of *Pinus pinaster* seedlings and plants. **Phytochemistry**, v. 12, p. 1391-1394, 1973.

FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. 2ª edição. New York: Sinauer Associates, Inc., 1986.

GERMANI, J. C.; HENRIQUES, A. T.; FETT NETO, A. G.; LIMBERGER, R. P.; Processo de obtenção de verbenol a partir de alfa-pineno por biotransformação. PI0205433-7, 20 de novembro de 2002.

GERON, C. D.; ARNTS, R. R. Seasonal monoterpene and sesquiterpene emissions from *Pinus taeda* and *Pinus virginiana*. **Atmospheric Environment**, v. 44, p. 4240-4251, 2010.

GIACOMINO, A.; ABOLLINO, O.; MALANDRINO, M.; MENTASTI, E. The role chemometrics in single and sequential extraction assays: A Review. Part II. Cluster analysis, multiple linear regression, mixture resolution, experimental design and other techniques. **Analytica Chimica Acta**, v. 688, 2, p. 122-139, 2011.

GODINHO, A. L.; LINS, L. V.; GONTINJO, T. A.; DOMINGOS, D. J. Aspectos da ecologia de *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae) em cerrado, Sete Lagoas, MG. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 49, p. 703-708, 1989.

HAIR-JUNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise Multivariada de dados**. 5ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2005.

Krishna, K., M.S. Engel, and D.A. Grimaldi. *Termites of the world (Isoptera)*. Oxford: Oxford University Press, In press.

LEPS, J.; ŠMILAUER, P. **Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO**. New York: Cambridge University, 2003

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. second english edition. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 1998.

LIM, J. H.; KIM, J. C.; KIM, K. J.; SON, Y. S.; SUNWOO, Y.; HAN, J. S. Seasonal variations of monoterpene emissions from *Pinus densiflora* in East Asia. **Chemosphere**, v. 73, p. 470-478, 2008.

LINDSTRÖM, M.; NORIN, T. Chirality of the Monoterpene Alarm Pheromones of Termites. **Naturwissenschaften**, v. 77, n. 3, p. 134-135, 1990.

LOURENÇO, T. C.; CASSIANO, N. M.; CASS, Q. B. Fases estacionárias quirais para cromatografia líquida de alta eficiência. **Química Nova**, v. 33, n. 10, p. 2155-2164, 2010.

MATHEWS, A. G. A. *Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil*. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 1977. 267 p.

MILL, A. Faunal studies on termites (Isoptera) and observations on their ants predations (Hymenoptera: Formicidae) in the Amazon Basin. **Revista Brasileira de Entomologia**. v. 26. n. 3. p. 253-260. 1982.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. PC version of the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Database. U.S. Department of Commerce, Gaithersburg, MD. 1998.

- OCHOCKA, J. R.; ASZTEMBORSKA, M.; ZOOK, D. R.; SYBILSKA, D.; PEREZ, G.; OSSICIN, L. Enantiomers of Monoterpenic Hydrocarbons in Essential Oils from *Juniperus communis*. **Phytochemistry**, v. 44, n. 5, p. 869-873, 1997.
- PRATES, H. T.; OLIVEIRA, A. B.; LEITE, R. C.; CRAVEIRO, A. A.; Atividade carrapaticida e composição química do óleo essencial do capim-gordura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.5, p 621-625, 1993.
- PRESTWICH, G.D.; JONES, R.W.; COLLINS, M.S. Terpene biosynthesis by nasute termite soldiers (Isoptera: Nasutitermitinae). **Insect Biochemistry**, v. 11, n. 3, p. 331-336, 1981.
- PRINGLE, R. M.; DOAK, D. F.; BRODY, A. K.; JOCQUÉ, R.; PALMER, T. M. Spatial Pattern Enhances Ecosystem Functioning in an African Savanna. **Journal PLoS Biology**, v. 8, n.5, 2010.
- REDFORD, K. The termitaria of *Cornitermes cumulans* (Isoptera, Termitidae) and their role in determining a potential keystone species. **Biotropica**, v. 16, n. 2, p. 112-119, 1984.
- ROHMER, M. Mevalonate-independent methylerythritol phosphate pathway for isoprenoid biosynthesis. Elucidation and distribution. **Pure and Applied Chemistry**, v. 75 (2-3), p. 375-387, 2003.
- ROSENGAUS, R.B., LEFEBVRE, M.L.; TRANIELLO, J.F.A. Inhibition of fungal spore germination by Nasutitermes: evidence for a possible antiseptic role of soldier defensive secretions. **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, p. 21-39, 2000.
- SAS System Viewer Version 6.12. SAS Institute Inc., USA, 1996.
- SATOU, T.; MATSUURA, M.; MURAKAMI, S.; HAYASHI, S.; KOIKE, K. Composition and seasonal variation of essential oil from *Abies sachalinensis* from Hokkaido, Japan. **Natural Product Communications**. V. 4 (6), p. 845-848, p. 2009.
- SHELLMAN-REEVE, J.S. The spectrum of eusociality in termites. In: J.C. Choe & B.J. Crespi (eds.). **The Evolution of Social Behaviour in Insects and Arachnids**. Cambridge University Press, England. p. 52-93 1997.
- SIMÕES, C. M. O.; et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6ª edição. Florianópolis: Editora da UFSC. Porto Alegre: UFRGS Editora, 1999.
- SJÖDIN, K.; PERSSON, M.; BORG-KARLSON, A.-K.; NORIN, T. Enantiomeric compositions of monoterpene hydrocarbons in different tissues of four individuals of *Pinus sylvestris*. **Phytochemistry**, v. 41 (2), p. 439-445, 1996.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**. 9ª edição, v. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

JENNINGS, W.; MITTLEFEHLDT, E.; STREMPLE, P. **Analytical Gas Chromatography**. 2ª Ed. Califórnia: Elsevier Inc., 1997.

MELO, A.C.S. & A.G. BANDEIRA. A qualitative and quantitative survey of termites (Isoptera) in an open shrubby caatinga in northeast Brazil. **Sociobiology**, v. 44, P. 707-716, 2004.

STOW, A.; BEATTIE, A. Chemical and genetic defenses against disease in insect societies. **Brain, Behavior, and Immunity**, v. 22, p. 1009-1013, 2008.

VALTEROVÁ, I.; SJÖDIN, K.; VRKOC, J.; NORIN, T. Contents and enantiomeric compositions of monoterpene hydrocarbons in xylem oleoresins from four *Pinus* species growing in Cuba. Comparison of trees unattacked and attacked by *Dioryctria horneana*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 23 (1), p. 1-15, 1995.

VASCONCELLOS, A.; ARAÚJO, V. F. P.; MOURA, F. M. S.; BANDEIRA, A. G. Biomass and population structure of *Constrictotermes cyphergaster* (Silvestri) (Isoptera:Termitidae) in the dry forest of caatinga, northeastern of Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36 (5), p. 693-698, 2007.

VOLHARD, K. P.; SCHORE, N. E. **Química Orgânica: estrutura e função**. São Paulo: Bookman, 2004.

VELAME, M. P. B.; ALMEIDA, V. E. S. **Biologia geral**. Fundação de Tecnologia e Ciências: Editora Nupre, 2009.

VIEIRA, S. **Introdução a Estatística**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Campus, 1980.

WANG, X.; LIU, Y.-S.; NAIR, U. B.; ARMSTRONG, D. W.; ELLIS, B.; WILLIAMS, K. M. Enantiomeric composition of monoterpenes in conifer resins. **Tetrahedron: Asymmetry**, v. 8 (23), p. 3977-3984, 1997.