

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA

Avaliação da diversidade genética, prospecção de cairomônios e formulações de sordidina como alternativas ao controle do *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae).

ANDRÉ LUIZ BESERRA GALVÃO

Avaliação da diversidade genética, prospecção de cairomônios e formulações de sordidina como alternativas ao controle do *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae).

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor, pelo Curso de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia, Área de Produtos Naturais, do Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart de Santana

Maceió – 2014

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Maria Helena Mendes Lessa**

G182a Galvão, André Luiz Beserra .  
Avaliação da diversidade genética, prospecção de cairomônios e formulações de sordidina como alternativas ao controle do *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824)(Coleoptera: Curculionidae) / André Luiz Beserra Galvão. – Maceió, 2014.  
86 f. : il

Orientador: Antônio Euzébio Goulart de Santana.  
Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia. Maceió, 2014.

Bibliografia: f. 67-86.

1. Sordidina. 2. Semioquímicos. 3. Moleque-da-bananeira - Controle. 4. *Musa* spp. I. Título.

CDU: 543.97



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA E  
BIOTECNOLOGIA



BR 104 Km14, Campus A. C. Simões  
Cidade Universitária, Tabuleiro dos Martins  
57072-970, Maceió-AL, Brasil  
Fone: (82) 3214-1144  
Email: ppgqb.ufal@gmail.com

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Membros da Comissão Julgadora da Defesa de Tese do Doutorando **André Luiz Beserra Galvão**, intitulada: “**Avaliação de Diversidade Genética, Prospecção de Cairomônios e Formulações de Sordidina Aplicada ao Manejo Integrado de *Cosmopolites sordidus* Germar (1824) (Coleoptera: Curculionidae)**”, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas no dia 26 de novembro de 2014, às 9h, na Sala do Renorbio/UFAL.

### COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart Sant'Ana  
(PPGQB/IQB/UFAL)

Dr. Marcos Antonio Barbosa Moreira  
(Embrapa Tabuleiros Costeiros e EMPARN)

Dr. Christian Lezid Maia e Almeida Feres  
(CNPq/UFAL)

Prof.ª Dr.ª Adriana Guimarães Duarte  
(CECA/UFAL)

Prof.ª Dr.ª Fabiane Caxico de Abreu Galdino  
(PPGQB/IQB/UFAL)

## AGRADECIMENTOS

Ao orientador, Prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart de Santana, pela amizade, orientação e confiança depositada em mim;

Ao amigo Henrique Fonseca Goulart, pela constante ajuda e paciência em solucionar os entraves e apresentar "saídas" para os problemas;

À UFAL, pela oportunidade de crescimento profissional;

Ao Instituto de Química e Biotecnologia, o qual viabilizou o presente treinamento;

Ao Prof. Josealdo Tonholo, pela amizade sincera e apoio desde a inscrição à continuação deste doutorado;

Aos Professores do Instituto de Química e Biotecnologia, Prof<sup>a</sup> Marília Oliveira Fonseca Goulart, Fabiane Caxico de Abreu Galdino, Lucia Maria Conserva, Denise Pinheiro (*In Memoriam*), Paulo César Costa de Oliveira,

Ao Prof. Jorge Braz Torres (UFRPE) pelo incentivo constante;

Ao colega Prof. Cícero Carlos pelo apoio e por ceder reagentes e equipamentos para efetuar o trabalho de genética de populações;

Ao Prof. Léucio Câmara Alves (UFRPE), pelo apoio e confiança;

A Prof<sup>a</sup> Luiza Suely Semen Martins (UFRPE) pela amizade;

Ao Prof. Edson Ferreira da Silva (UFRPE) pela ajuda na interpretação dos dados de genética de população;

Ao amigo Prof. Iuri Ávila Lins de Araújo pelas excelentes conversas;

Aos amigos Professores Arnaldo Tenório Cunha Júnior, Vaninna de Oliveira Assis, Bruno Barbosa Giudicelli, Tobyas Mariz de Albuquerque, Carolyne Batista Lima, Dorgival, Larissa, Adriana e Dirceu, pelo apoio diário;

Ao meu amigo Ricardo Brainer Martins pelas discussões a respeito de ciência e afins, sempre com bom humor e pela ajuda com a estatística, juntamente com o amigo Vítor Visintin;

Aos discentes João Paulo Bomfim, Iasmim Melo e Mailson José, Bruno Siqueira e Franklin Fernando pela ajuda com as coletas.

À discente Regina Acácio pela ajuda durante as análises no LPqRN.

Ao produtor Carlos Alberto Pereira Lima(Fazenda Bonsucesso) pela solicitude em disponibilizar o seu cultivo de banana para desenvolvimento da tese;

Aos amigos Eduardo Ferreira da Silva (Encarregado), José Carlos da Silva (Fiscal de campo) e Fábio Rafael do Santos Silva (Fiscal de campo), da Fazenda Bonsucesso pelo auxílio durante as coletas;

Ao amigo Chrystian lezid pela paciência, pelas análises estatísticas e incentivo constante durante o trabalho de tese;

Às pessoas que indiretamente contribuíram para a finalização deste trabalho;

A Deus, por me dar força, serenidade e fé, iluminando sempre minhas tomadas de decisão.

Aos meus pais Pedro Rodolfo e Aranites,  
à minha filha Beatriz e  
à minha esposa Daniela Furtado pela dedicação e por nunca ter deixado de  
acreditar em mim.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Plantio comercial de banana variedade prata. Fonte: autor	4
<b>Figura 2.</b> Participação em percentual, em nível mundial, dos produtores de banana.	5
<b>Figura 3.</b> Principais produtores de banana em nível mundial, segundo relatório da FAO do ano de 2012. Fonte: FAO, 2014b	5
<b>Figura 4.</b> Regiões brasileiras produtoras de banana. Fonte: IBGE, 2013	6
<b>Figura 5.</b> Vista dorsal (a), ventral (b), lateral (c) e detalhes da cabeça e antenas do adulto (d) de <i>C. sordidus</i> .	7
<b>Figura 6.</b> Detalhe das pernas do macho (a) e da fêmea adulta (b) de <i>C. sordidus</i>	7
<b>Figura 7.</b> Detalhe do pronoto (a), élitro (b) e asa exibindo a venação (c) de <i>C. sordidus</i>	8
<b>Figura 8.</b> <i>C. sordidus</i> na fase larval (a) e detalhe da cápsula cefálica(b)	8
<b>Figura 9.</b> Vista dorsal (a) e ventral (b) de pupa de <i>C. sordidus</i>	9
<b>Figura 10.</b> Classificação adotada para Semioquímicos	15
<b>Figura 11.</b> Diastereoisômeros da sordidina (a, b, c e d).	17
<b>Figura 12.</b> Mapa referente à organização primária da cromatografia segundo a IUPAC. Fonte: Gold Book IUPAC 2014.	23
<b>Figura 13.</b> Esquema da cromatografia gasosa.	24
<b>Figura 14.</b> Esquema da cromatografia gasosa com espectrômetro de massa.	25
<b>Figura 15.</b> Procedimentos de coleta de voláteis para prospecção de compostos orgânicos do ambiente (a), pseudocaule (b) e do rizoma (c). Fazenda Bonsucesso, Coop de Colonização	31



**Figura 16.** Armadilha do tipo PET

34

**Figura 17.** Armadilha tipo PET, para *Cosmopolites sordidus*, segundo Sobrinho et al (2009). Armadilha posicionada ao nível do solo com duas aberturas laterais (a) e armadilha evidenciando funil, para captura do inseto (b).

34

**Figura 18.** Perfis eletroforéticos de vinte indivíduos de *C. sordidus* amplificados com o primer de RAPD OPA-09. Círculos vermelhos= bandas candidatas para o desenvolvimento de marcadores SCAR. Marcador 1Kb DNA ladder (M).

38

**Figura 19.** Dendrograma gerado a partir dos dados de dissimilaridade genética obtidos de RAPD de indivíduos de *C. sordidus* provenientes de três municípios do Estado de Alagoas (Coruripe, Santana do Mundaú e São José da Laje).

42

**Figura 20** A= Gel de agarose a 1% corado com brometo de etídio (10mg/μL), visualizados em luz ultravioleta e fotodocumentados em sistema digital. Poço 1 e 10 (50 bp DNA ladder); poço 2 (OPA-01); poço 3 (OPA03); poço 4 (OPA07); poço 5 (OPA08); poço 6 (OPA09); poço 7 (OPA16); poço 8 (OPA18); poço 9 (OPA20) seta= bandas candidatas a marcadores SCAR. B= Gel de agarose a 1% corado com brometo de etídio (10mg/μL), visualizados em luz ultravioleta e fotodocumentados em sistema digital mostrando os espaços relativos a retirada das bandas candidatas a marcadores SCAR. Poço 1 e 10 (50 bp DNA ladder); poço 2 (OPA-01); poço 3 (OPA03); poço 4 (OPA07); poço 5 (OPA08); poço 6 (OPA09); poço 7 (OPA16); poço 8 (OPA18); poço 9 (OPA20).

43

**Figura 21.** Gel de agarose a 1% corado com brometo de etídio (10mg/μL), visualizados em luz ultravioleta e fotodocumentados em sistema digital. Poço 1 e 10 (50 bp DNA ladder); poço 2 (OPA-01); poço 3 (OPA03); poço 4 (OPA07); poço 5 (OPA08); poço 6 (OPA09); poço 7 (OPA16); poço 8 (OPA18); poço 9 (OPA20) seta= fragmentos amplificados.

44

**Figura 22.** Número de enzimas de restrição aplicáveis à diferenciação genética entre populações de *Cosmopolites sordidus* obtidas a partir de seqüências geradas com base nos primers testados.

48

**Figura 23.** Cromatogramas obtidos a partir de análise cromatográfica em GCMS-QP2010 Plus, da coleta de voláteis do rizoma, ambiente e pseudocaule.

49

**Figura 24.** Efeito do local de implantação de armadilhas de monitoramento de *Cosmopolites sordidus*. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,003$ ).

58

**Figura 25.** Efeito da dose de sordidina por armadilha na captura de *C. sordidus* na cultura da Banana. Fazenda Bonsucesso, Coruripe, Al. Equações significativas pelo teste F ( $P < 0,0001$ ).

59

**Figura 26.** Numero de insetos coletados por armadilha independente da concentração de óleo ou sordidina no tempo. Equação significativa pelo teste F ( $P < 0,0002$ ).

61

**Figura 27.** Numero de insetos coletados por armadilha em função dose de sordidina independente do tempo e dose de óleo mineral. Equação significativa pelo teste F ( $P < 0,002$ ).

61

**Figura 28.** Numero de insetos coletados por armadilha em função dose de óleo mineral independente do tempo e dose de sordidina. Equação significativa pelo teste F ( $P < 0,0003$ ).

62

**Figura 29.** Número de insetos coletados por armadilha. Sordidina em função da dose de óleo mineral. Círculo= 0 $\mu$ L de óleo mineral; Triângulo= 300  $\mu$ L de óleo mineral; Quadrado= 200  $\mu$ L de óleo mineral e Círculo preto= 100  $\mu$ L de óleo mineral.

62

**Figura 30.** Número de insetos coletados por armadilha. Óleo em função da dose de sordidina. Círculo= 0 $\mu$ L de óleo mineral; Triângulo= 300  $\mu$ L de óleo mineral; Quadrado= 200  $\mu$ L de óleo mineral e Círculo preto= 100  $\mu$ L de óleo mineral.

63

## LISTA DE TABELAS

	Página
<b>Tabela 1.</b> Coordenadas geográficas dos locais de coleta dos espécimes de <i>Cosmopolites sordidus</i> , utilizados no estudo de diversidade genética ,	28
<b>Tabela 2.</b> Temperatura e umidade relativa nos talhões experimentais às 8:00 em cada dia de coleta, Fazenda Bonsucesso, Coop de Colonização AgroPecuária Indl <b>Pindorama</b> Ltda Geral, Coruripe, Alagoas (17/08 à 16/09/2014)	35
<b>Tabela 3.</b> Diversidade genética em três populações do <i>C. sordidus</i> da bananeira	40
<b>Tabela 4.</b> Matriz da distância genética de Nei ( $G_{ST}$ —acima na diagonal) e número de imigrantes por geração ( $Nm$ – abaixo na diagonal)	40
<b>Tabela 5.</b> Primers construídos a partir do programa Primer3 (UNTERGRASSER et al., 2012).	44
<b>Tabela 6.</b> Compostos orgânicos voláteis de partes de planta de bananeira e de atmosfera do agrossistema de um bananal. Número do pico correspondente à numeração em cromatograma da figura 12. Rizoma (R); Ambiente (A); Pseudocaule (P); Sistema de Comunicação de Insetos (SCI); Tempo de Retenção (RT).	50
<b>Tabela 7.</b> Compostos obtidos em CG-EM presentes no Ambiente, Pseudocaule e Rizoma que participam do sistema de comunicação de insetos. Número do pico correspondente à numeração em cromatograma da figura 12. Rizoma (R); Ambiente (A); Pseudocaule (P); Sistema de Comunicação de Insetos (SCI); Tempo de Retenção (RT).	54
<b>Tabela 8.</b> Modelos matemáticos para captura de <i>Cosmopolites sordidus</i> em diferentes concentrações de sordidina para cada quantidade de óleo adicionada à isca.	63

## LISTA DE ABREVIATURAS

AGROFIT	Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários
API	Programa de Aplicação em Interfaces - Application Programming Interfaces
APL	Arranjo Produtivo Local
CAS	Indexo da literatura científica em química – Chemical Abstract Service
CG	Cromatografia gasosa
CTAB	Brometo de cetiltrimetilamônio - Cetyltrimethylammonium bromide
DDBJ	Banco de Dados de DNA do Japão - DNA Data Bank of Japan
DNA	Ácido desoxirribonucléico – Desoxiribonucleic acid
EAG	Eletroantenografia
EM	Espectrometria de massa
EMBL	Laboratório Europeu de Biologia Molecular (European Molecular Biology Laboratory)
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
GenBank	Banco de dados de sequências do NCBI
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional e Meteorologia
IQB	Instituto de Química e Biotecnologia
IUPAC	União Internacional da Química Pura e Aplicada - International Union of Pure and Applied Chemistry
LPqRN	Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Medline	Sistema Online de Busca e Análise de Literatura Médica - Medical Literature Analysis and Retrieval System Online

MIP	Manejo Integrado de Pragas
NCBI	Centro Nacional para Informações em Biotecnologia – National Center of Biotechnology Information
OBP	Proteínas de ligação a odores – Odorant-Binding Proteins
PCR	Reação em Cadeia de Polimerase – Polymerase Chain Reaction
PubMed	Versão gratuita do banco de dados Medline
RAPD	DNA Polimórfico Amplificado ao Acaso – Random Amplified Polymorphic DNA
SCAR	Região Amplificada Caracterizada e Seqüenciada - Sequence Characterized Amplified Region
UFAL	Universidade Federal de Alagoas

## RESUMO

A banana apresenta-se de grande importância no mundo, estando diretamente ligada a relevância social e econômica, geradora de renda tanto para a agricultura familiar quanto empresarial. O *C. sordidus* é praga chave da cultura da banana, reduzindo a produção em até 90%. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a diversidade genética de *C. sordidus*, prospectar moléculas de caimônios e testar local de instalação de armadilhas e formulações sintéticas com feromônio para o manejo integrado deste artrópode em campo. O presente trabalho foi realizado por meio de parceria institucional entre a Universidade Federal de Alagoas LPqRN, a Interacta Química LTDA e a Fazenda Bonsucesso-Cooperativa Pindorama. No primeiro estudo foi detectada variabilidade genética intra e inter-populacional para esse coleóptero entre as três populações estudadas oriundas de regiões produtoras de banana no estado de Alagoas. Este resultado indica viabilidade de estudos para prospectar a possível variabilidade na diversidade proteômica e metabólica nas populações, em especial a relacionada aos sistemas de comunicação química inseto/inseto e inseto/planta. No segundo estudo, detectou-se variação no perfil químico de voláteis da atmosfera, do rizoma e do pseudocaule. Foram observados metabolitos com funcionalidade na interação inseto/planta e potencial aplicação como caimônios para manejo do *C. sordidus*. Dentre esses o  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno,  $\alpha$ -copaeno, eucaliptol e limoneno. Na terceira etapa, ao avaliar o experimento entre locais de instalação das armadilhas em campo recomenda-se a instalação destas na borda do talhão além das armadilhas internas a fim de potencializar o controle e o monitoramento da população do artrópode. No estudo final, onde foi avaliada a formulação do feromônio observou-se maior eficiência em relação à quantidade de sordidina versus captura do *C. sordidus* com 78,06mg deste semioquímico. Porém, essa eficiência foi promovida quando associada aos adjuvantes óleo mineral na dose 100,8 $\mu$ L e caimônio acetato de isoamila na quantidade de 700  $\mu$ L por isca.

Palavras chave: Sordidina. Semioquímicos. Moleque-da-bananeira. *Musa* spp.

## ABSTRACT

The banana has become of great importance in the world, being directly linked to social and economic relevance, generating income for both family and corporate agriculture. The *C. sordidus* is a key pest of banana, reducing yields by up to 90%. Therefore, the aim of this study was to evaluate the genetic diversity of *C. sordidus*, prospect molecules kairomones and test the location of traps and synthetic pheromone formulations for integrated field management. This work was carried out through institutional partnership between the Federal University of Alagoas LPqRN, Chemistry LTDA Interacta and Farm-Cooperative Bonsucesso Pindorama. In the first study genetic variability was detected intra and inter-population for this insect among three studied populations originated from regions of banana producers in the state of Alagoas. This result indicates the feasibility studies for exploring the possible variability in proteomic and metabolomic diversity in populations, especially related to communication insect/insect and insect/plant chemical systems. In the second study, was detected variation in the chemical profile of the volatile atmosphere, the rhizome and pseudostem. Metabolites with functionality in insect/plant interaction and potential application as kairomones for management of *C. sordidus* were observed. Among these  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene,  $\alpha$ -copaene, eukaliptol and limonene. In the third stage, the experiment evaluated trap locations in the field installing these on the edge of the field, and internal traps are recommended in order to enhance the control and monitoring of the arthropod population. In the final study, which evaluated the formulation of pheromone was observed greater efficiency in relation to the amount of sordidina versus capture *C. sordidus* with 78.06 mg of this semiochemical. However, this efficiency was promoted when associated with mineral oil adjuvant dose 100.8  $\mu$ L and isoamyl acetate kairomone in the amount of 700  $\mu$ L per trap.

Keywords: Sordidine. Semiochemical. Banana weevil. *Musa* spp.

## SUMÁRIO

Resumo	
Abstract	
1 Introdução	1
Objetivo	4
2 Revisão Bibliográfica	4
2.1 A cultura da banana	4
2.2 <i>Cosmopolites sordidus</i>	6
2.3 Importância Agronômica	10
2.4 Manejo integrado da praga – MIP	11
2.5 Semioquímicos	13
2.6 Ecologia e marcadores moleculares	19
2.7 Cromatografia Gasosa (CG) - Espectrometria de Massa (EM)	21
3 Material e Métodos	26
3.1 Estudos realizados	27
3.1.1 Diversidade genética por RAPD e desenvolvimento de marcadores SCAR para <i>Cosmopolites sordidus</i> coletados em três regiões produtoras de banana do estado de Alagoas	27



3.1.2	Prospecção de Compostos orgânicos voláteis do ambiente do agroecossistema do bananal e de partes da planta de bananeira variedade prata para manejo de <i>C. sordidus</i>	31
3.1.3	Estudo da eficiência de diferentes concentrações de sordidina e de posição da armadilha em campo para manejo de <i>C. sordidus</i> .	33
3.1.4	Eficiência e calibração da relação entre volumes de Sordidina e Óleo mineral para o manejo de <i>C. sordidus</i> .	35
3.2	Procedimentos de análise de dados	36
4	Resultados e Discussão	
4.1	Diversidade genética por RAPD e desenvolvimento de marcadores SCAR para <i>Cosmopolites sordidus</i> coletados em três regiões produtoras de banana do estado de Alagoas	38
4.2	Prospecção de cairomônios da atmosfera e de partes da planta de banana, variedade prata em agroecossistema bananal para manejo de <i>C. sordidus</i>	48
4.3	Estudo da eficiência de diferentes concentrações de sordidina e de posição da armadilha em campo para manejo de <i>C. sordidus</i> .	58
5	Conclusões	65
6	Perspectivas	66
7	Referências Bibliográficas	67

## 1 Introdução

A banana é o quarto produto alimentar mais produzido no mundo com relevância, viabilizando o desenvolvimento de arranjos produtivos locais da fruticultura no estado de Alagoas (BANCO DO BRASIL, 2010; FAO, 2014). A América Latina e Caribe são responsáveis por 80% da exportação mundial de banana ao passo que o Brasil contribui com apenas 0,5% de sua produção (GRICIO et al, 2011).

O Brasil é o quinto maior produtor mundial e o segundo maior produtor das Américas e Caribe na qual a Região Nordeste é a principal produtora nacional. Segundo o IBGE (IBGE, 2013) a previsão de safra da banana para o Brasil em 2014 é de aproximadamente 7275 mil toneladas, com um aumento de 4,7% em relação à safra de 2013. Analisando o cenário brasileiro da banicultura o estado de Alagoas ocupa a sétima colocação em produção do fruto (FAO, 2014).

A cultura da banana é acometida por diversas pragas e doenças, dentre elas, o moleque-da-bananeira, *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1924) (Coleoptero: Curculionidae) que é classificada no Manejo Integrado de Pragas como praga-chave podendo reduzir a produção em até 90% (GOLD et al., 2004; RIBEIRO et al. 2009).

O *C. sordidus* possui hábito noturno, longo período de vida, mobilidade limitada, baixa fecundidade com oviposição estimada em um ovo por semana, lento crescimento populacional e raramente voam, ficando próximo da fonte de alimentação (GOLD et al, 2001). Os adultos podem atingir no máximo um ano de vida (DUBOIS; COYNE, 2011). Por conseguinte, considerando a biologia do inseto e seu padrão comportamental, a sua disseminação a longas distâncias se dá principalmente via material propagativo infestado com ovos e larvas (rizoma e pedaços de rizomas) (GOLD et al., 2001).

A fim de compreender os padrões comportamentais de Curculionídeos, por meio da Ecologia Química, Ambrogi et al (2009), observaram a ação do feromônio, e que este é produzido pelo macho e atrai ambos os sexos, sendo classificados como feromônio de agregação. O composto que constitui esse feromônio corresponde às classes dos monoterpenóides e derivados de ácidos graxos (BLOMQUIST; VOGT, 2003).

Segundo Beauhaire et al (1995), após identificação e síntese do feromônio de agregação produzido pelo macho de *C. sordidus*, concluiu que o mesmo é uma mistura de quatro compostos específicos, sendo a sordidina (1-etil-3,5,7-trimetil-2,8-dioxa-biciclo[3.2.1]octano) o composto majoritário.

A variabilidade genética mesmo que considerada baixa é indicio da existência de padrões genéticos distintos entre indivíduos e populações, é plausível considerar a existência de variações nos mecanismos de interação inseto-inseto e inseto planta. Os mecanismos bioquímicos dessas interações estão relacionados ao grau de diversidade e afinidade química de infoquímicos e seus respectivos receptores (BLOMQUIST; VOGT, 2003).

Para o *C. sordidus* Gold et al (2001) justifica a existência de limitado fluxo gênico interpopulacional com a sua baixa mobilidade e por conseguinte potencial isolamento natural das populações. A taxa de migração dos adultos de *C. sordidus* pode variar de acordo com a densidade dos insetos e a quantidade dos predadores em uma área (GRAAF et al., 2005). Por outro lado, esta afirmação se aplica apenas a disseminação natural da espécie, fato que pode ser alterado pelo fluxo de propágulos entre regiões produtoras e deficiência na fiscalização fitossanitária.

Técnicas de genética molecular são utilizadas para o estudo da biologia, ecologia e genética populacional de insetos em que marcadores baseados em RAPD-SCAR têm sido apontados como uma opção para seleção assistida de insetos (HUNT, 1997; REINEKE *et al.*, 1998; QUEIROZ, 2005; QUEIROZ *et al.*, 2007). Portanto, aplicável a avaliação da diversidade genética a fim de embasar futuros estudos da variabilidade química e protéica aplicada a Ecologia Química.

Segundo Borges et al (2009) o controle e o manejo do *C. sordidus* é realizado por meio de iscas, técnicas culturais, controle químico, biológico ou comportamental com uso de feromônios.

De forma geral, *C. sordidus* é monitorado e capturado por meio de armadilhas de pseudocaule, porém com eficiência limitada e onerosa (GOLD et al. 2001). Nomura et al (2011) recomenda a instalação de 20 a 50 iscas por hectare para monitoramento podendo variar em função do nível de infestação do bananal. Esses autores corroboram com Bakyalire (1992) e Gold (1998), que relatam que a eficiência da captura com armadilhas de pseudocaule pode

ser influenciada por fatores climáticos, bem como estágio e biologia do inseto, número, distribuição e frequência de coletas e reposição destas. Não obstante, independente da baixa mobilidade natural do *C. sordidus* é comum observar imigração de insetos provenientes de propriedades e ou talhões vizinhos quando abandonado o manejo sistemático da praga (GOLD et al, 2001).

Atualmente no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA há apenas nove produtos registrados para o controle de *C. sordidus*, dentre eles, oito são classificados como metilcarbamato de benzofuranila e organofosforado e um como semioquímico a base de sordidina (MAPA, 2014).

Dentre as tecnologias mais avançadas para o manejo do *C. sordidus* destaca-se a utilização de armadilhas com feromônios sintéticos associados à caiomônios. No Brasil o único feromônio comercial registrado para uso na agricultura é o Cosmolure, que por sua vez trata-se de um produto importado e distribuído no Brasil (MAPA, 2014).

O MIP, fundamentado em conceitos de minimização dos riscos dos pesticidas, destaca a tática de manejo de pragas baseado no comportamento, observando a interação inseto-inseto e inseto-planta (THOMAZINI, 2009).

Por tanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a diversidade genética, verificar voláteis do agroecossistema da cultura da banana, testar locais de instalação de armadilhas e formulações com sordidina para manejo do *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae).

## 2 Revisão bibliográfica

### 2.1 A cultura da banana

A banana (*Musa* spp.) é uma planta monocotiledônea, herbácea (após a colheita a parte aérea é cortada) e perene, uma vez que novos perfilhos nascem da base da planta-mãe. Apresenta caule subterrâneo (rizoma) de onde saem as raízes primárias. É uma planta tipicamente tropical, cujo desenvolvimento exige calor constante, elevada umidade e boa distribuição de chuvas (CORDEIRO, 2000).

A planta possui quatro padrões de produção, tanto para a indústria como consumo in natura, que são a Prata, Maçã, Cavendish e Terra. A variedade prata (Figura 1), do grupo AAB, é uma das mais difundidas principalmente no Nordeste e Norte devido à aceitação pelo sabor doce a ácido da fruta. É uma planta de porte alto, densidade recomendada de 1111 plantas por hectare, com rendimento de 13 a 25 toneladas de frutos por hectare e apresenta-se como medianamente resistente ao *C. sordidus* (OLIVEIRA e SILVA, 2001).

Figura 1. Plantio comercial de banana variedade prata. Fonte: autor

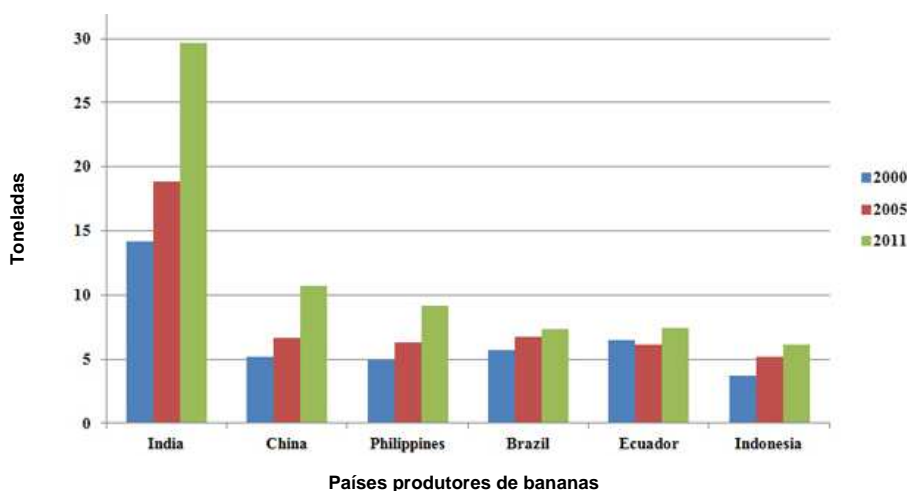


A banana é o quarto produto alimentar mais produzido no mundo com impacto socioeconômico na agricultura familiar e no agronegócio e no Brasil viabiliza o desenvolvimento de arranjos produtivos locais da fruticultura (Banco do Brasil, 2010; FAO, 2014).

Segundo a FAO, a produção da banana teve um aumento de aproximadamente 122% na produção mundial. Dentre as frutas sua produção é superada apenas pela melancia, a uva vem na terceira posição, seguida pela maçã (FAO, 2014).

A América Latina e Caribe são responsáveis por 80% da exportação mundial de banana ao passo que o Brasil contribui com apenas 0,5% de sua produção (GRICIO et al, 2011). O Brasil é o quarto maior produtor mundial e o segundo maior produtor das Américas e Caribe (Figura 3).

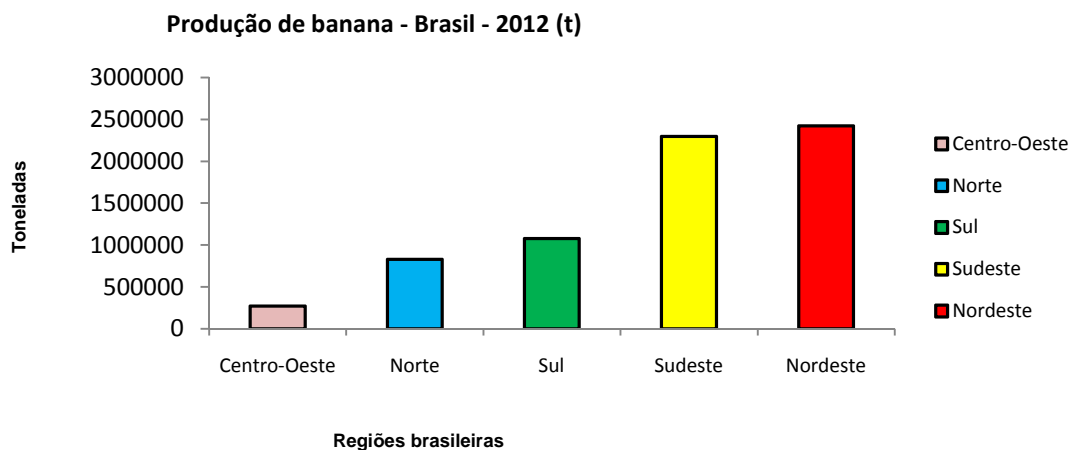
**Figura 3.** Principais produtores de banana a nível mundial, segundo relatório da FAO do ano de 2012. Fonte: FAO, 2014b



Segundo o IBGE a previsão de safra da banana para o Brasil em 2014 é de aproximadamente 7275 mil toneladas, com um aumento de 4,7% em relação à safra de 2013.

O Nordeste, com aproximadamente 2500 mil toneladas de banana, é a maior região produtora do Brasil, seguida do Sudeste, Sul, Norte e Centro-oeste (Figura 4).

**Figura 4.** Regiões brasileiras produtoras de banana. Fonte: IBGE, 2013



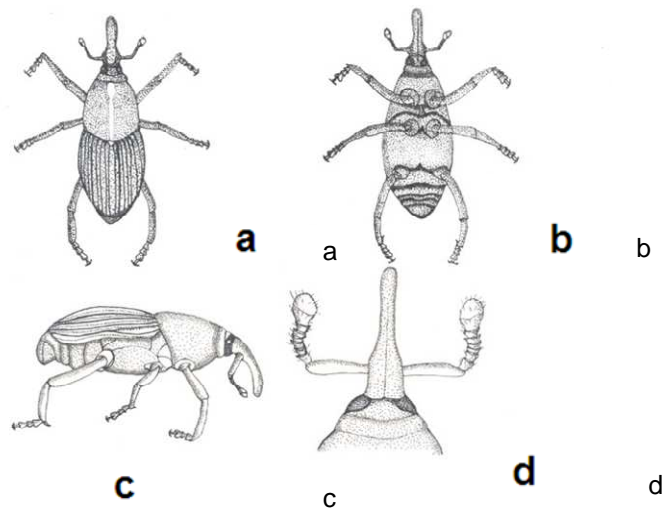
O estado de Alagoas ocupa a sétima colocação em produção do fruto (IBGE, 2013).

## **2.2 *Cosmopolites sordidus***

O *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae), conhecido também como moleque-da-bananeira ou broca-da-bananeira, foi classificado em 1824 por Germar como *Calandra sordida* e em 1885 passou a ser denominado, por Chevrolat, de *C. sordidus* (RADA, 2005). No Brasil, o primeiro relato se deu em 1915 no estado do Rio de Janeiro (COSTA LIMA, 1956).

O inseto adulto mede aproximadamente 11 mm de comprimento, por 4mm de largura; é de cor preta uniforme; superfície glabra e tem quase todo o protórax, a cabeça, o rostro, as pernas e partes inferiores finamente pontuados. A cabeça é proporcionalmente pequena em relação ao corpo, com diminutas pontuações. Os olhos são escuros e ovalados. O rostro é escuro, largo e escuro, com pontuações. As antenas são do tipo clavada. As mandíbulas são de cor escura e fortemente esclerotizadas. (VALLEJO, 2007) (Figura 5). Os machos são menores do que as fêmeas (COSTA LIMA, 1956; PRESTES, 2005).

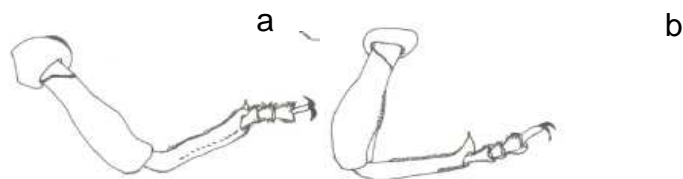
**Figura 5.** Vista dorsal (a), ventral (b), lateral (c) e detalhes da cabeça e antenas do adulto (d) de *C. sordidus*.



Fonte: Vallejo et al, 2007.

As pernas anteriores são largas e finas e o trocanter é pequeno, triangular e separado do fêmur por uma membrana (Figura 6). Não se observa diferença entre as pernas anteriores, médias e posteriores.

**Figura 6.** Detalhe da perna do macho (a) e da fêmea adulta (b) de *C. sordidus*

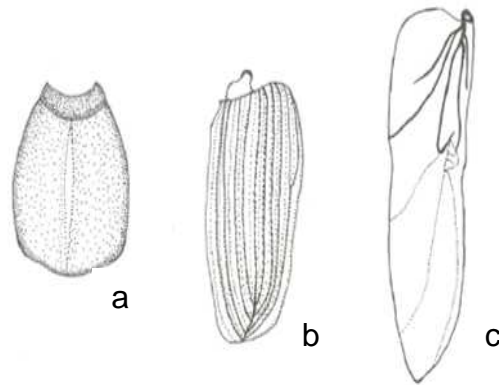


Fonte: Vallejo et al, (2007)

O tórax e o pronoto (Figura 7a) são alongados com superfície glabra e com diminutos poros. Os élitros são estreitos e retos, e recobrem a parte posterior do abdômen (Figura 7b). As asas são membranosas, hialinas e de venação simples (Figura 7c). O protórax exibe bordas laterais. O abdômen do macho assim como da fêmea apresenta cinco placas abdominais bem diferenciadas.



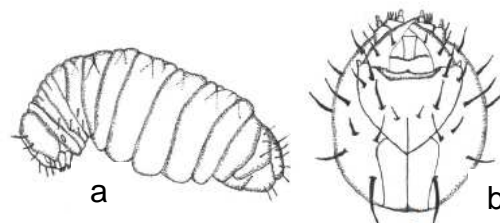
**Figura 7.** Detalhe do pronoto (a), élitro (b) e asa exibindo a venação (c) de *C. sordidus*



Fonte: Vallejo et al, (2007)

As larvas (brocas), medindo 12 milímetros de comprimento por cinco milímetros de largura, no período final de desenvolvimento (Figura 8), penetram na planta e se alimentam dos seus tecidos, formando galerias irregulares e em todas as direções. São enrugadas, desprovidas de patas, curvadas no dorso, ligeiramente delgadas para a extremidade anterior e de cor branca. (COSTA LIMA, 1956; TINZAARA, 2005; PRESTES, 2005; RIBEIRO, 2009). A cápsula cefálica é de forma ovalada, tipo hipognata, de superfície lisa, cor âmbar e fortemente esclerotizada (VALLEJO et al, 2007)

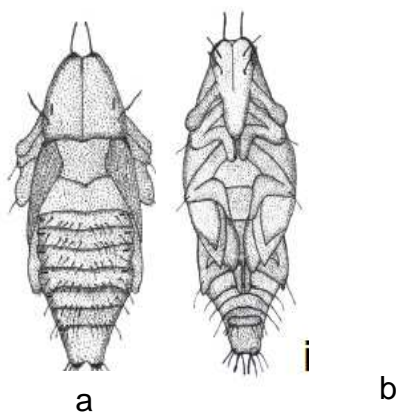
**Figura 8.** *C. sordidus* na fase larval (a) e detalhe da cápsula cefálica(b)



Fonte: Vallejo et al, (2007)

A pupa tem comprimento médio de 12 milímetros é do tipo exarada, de forma ovalada e superfície glabra (Figura 9). A cápsula cefálica encontra-se em posição ventral retraída cobrindo o protórax

**Figura 9.** Vista dorsal (a) e ventral (b) de pupa de *C. sordidus*



Fonte: Vallejo et al, (2007)

Os ovos, de coloração creme e medindo 2 mm de comprimento, são colocados em pequenos orifícios abertos na periferia do rizoma ou na região de inserção das bainhas foliares, situada próxima ao nível do solo (CORDEIRO, 2000).

Apresentam movimentos lentos, hábitos noturnos, permanecendo abrigado da luz durante o dia, escondido nas touceiras, próximo ao solo, entre as bainhas das folhas, como também nos rebentos. Embora possuam asas funcionais, raramente voam, e se dispersam passivamente através do transporte de plantas infestadas com ovos, larvas, pupas e adultos (NOMURA et al 2011). Segundo Gallo et al (2002), o *C. sordidus* possui hábito gregário e ao serem tocados, fingem-se de mortos, comportamento denominado de tanatose.

As fêmeas de *C. sordidus* ovipositam até 100 ovos no interior do rizoma, em pequenas cavidades feitas com o rostró, a um ou dois milímetros de profundidade. A oviposição ocorre em toda a superfície do rizoma, com a maior quantidade dos ovos sendo distribuída na sua metade superior. Contudo, tem-se observado que um número considerável de bananeiras apresenta seus

rizomas atacados apenas na parte inferior (PRESTES, 2005; NOMURA et al, 2011).

Em casos de ataques mais severos, tem-se também encontrado ovos em pseudocaulos de bananeiras cortadas, deixados no solo, ou no interior de rizomas já deteriorados (RIBEIRO, 2009).

O período larval varia de 14 a 48 dias, após este período, as larvas dirigem-se para as extremidades das galerias próximas da superfície externa do rizoma preparando câmaras ovaladas, onde se transformam em pupas e permanecem nessa forma por um período 7 a 10 dias. O ciclo evolutivo oscila de 23 a 70 dias, conforme as condições climáticas (BATISTA et al, 2002).

Segundo CORDEIRO (2003), o ciclo de vida do *C. sordidus* pode variar e ser fortemente influenciada pelas condições climáticas e, também, pelas cultivares hospedeiras, afetando inclusive o número de ecdises.

### **2.3 Importância Agronômica**

Os problemas fitossanitários da banana constituem a maior ameaça para a cultura e podem ser causados por fungos, bactérias, vírus, nematóides e insetos, como o *C. sordidus*. A intensificação desses problemas pode ter origem na utilização generalizada das cultivares Prata (LÉDO et al, 2008). Saber identificá-los e ter informações sobre as medidas adequadas de controle são subsídios fundamentais para a tomada de decisão do produtor levando em consideração o conhecimento da população da praga, o nível de controle e o dano econômico associado ao *C. sordidus* (BATISTA FILHO et al, 2002)

As primeiras manifestações do ataque da praga caracterizam-se externamente pelo aspecto das bananeiras, cujas folhas amarelecem, e pelos cachos, que se tornam pequenos. O rizoma apresenta-se com vários furos e galerias irregulares, geralmente de paredes escuras, percebendo-se no seu interior as larvas do *C. sordidus*. Com a progressão da praga, a bananeira entra em franco definhamento, as folhas dobram-se sobre o tronco, e finalmente toda a planta seca e morre (BATISTA FILHO et al. 2002).

Os danos causados pelas larvas debilitam as plantas tornando-as mais susceptíveis ao tombamento, principalmente na fase de frutificação. As galerias

no rizoma também causam danos indiretos, favorecendo a penetração de patógenos, como o fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (mal de Panamá) e outros oportunistas nas áreas atacadas, causando podridões e morte da planta (MESQUITA, 2002; TINZAARA, 2005; RIBEIRO, 2009).

#### **2.4 Manejo integrado da praga - MIP**

O MIP é uma filosofia de controle de pragas que evidencia a preservação e o incremento dos fatores de mortalidade natural, observando os parâmetros econômicos e ecológicos. O MIP apoia-se basicamente em avaliação do ecossistema, tomada de decisão e escolha do método de controle (BAJWA; KOGAN, 2002; PICANÇO, 2003; UNEKE, 2007; PINTO-ZEVALLOS; ZARBIN, 2013; MAPA, 2014a).

De acordo com a Instrução Normativa 12/2001 do MAPA, praga é: “qualquer forma de vida vegetal ou animal, ou qualquer agente patogênico daninho ou potencialmente daninho para os vegetais e produtos vegetais”; fazendo referência ao Art. II do novo texto da Convenção Internacional para Proteção de Vegetais, adotado na XX Sessão da Conferência da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura -FAO, e pela Resolução 14/79, promulgada pelo Decreto 318, de 31 de outubro de 1991.

Um organismo só recebe o status de praga quando causa algum dano econômico, e do ponto de vista do MIP, compete direta ou indiretamente com o homem por alimento, matéria prima ou prejudicam a saúde e o bem-estar do homem e animais. O *C. sordidus*, é considerado praga-chave, pois frequentemente atinge o nível de controle (PICANÇO, 2003).

Os principais métodos usados no controle de pragas são: cultural, biológico, químico, legislativos, mecânico, físico, genético e comportamental (PLANT e MANGEL, 1987; PICANÇO, 2003; UNEKE, 2007).

O método cultural consiste no emprego de práticas agrícolas normalmente utilizadas no cultivo das plantas, objetivando o controle de pragas. São empregados neste método: medidas sanitárias, destruição ou modificação de hospedeiros ou habitats alternativos, preparo de solo, manejo d'água e irrigação, redução da continuidade espacial, ruptura da continuidade

temporal, modificação de época de colheita, planta ou cultura-isca e diminuição do espaçamento ou aumento da densidade.

O controle biológico tem na ação de inimigos naturais a manutenção da densidade das pragas em nível inferior àquele que ocorreria na ausência desses inimigos naturais e é dividido em natural, clássico e artificial. Seu emprego engloba desde o uso de inseticidas seletivos, introdução de inimigos naturais a criação de inimigos e sua criação.

O controle químico consiste na aplicação de substâncias químicas no controle de pragas. Os agrotóxicos ou praguicidas são qualquer substância ou mistura que podem ser utilizadas para prevenir, destruir, repelir ou atenuar insetos, roedores, nematóides, fungos ou plantas daninhas.

O método legislativo é o conjunto de leis e portarias relacionadas com a adoção de medidas de controle de pragas, com a participação das agências governamentais na limitação da dispersão de insetos ou no tratamento de infestações localizadas e que constituam uma ameaça ao bem estar público. Dentro do método legislativo é importante ressaltar o uso da quarentena, medidas obrigatórias de controle e legislação disciplinadora do uso de agentes ou métodos de controle.

Em relação ao controle mecânico, estes incluem práticas que envolvem a utilização de barreiras e/ou destruição direta dos insetos como catação manual, técnica da batida, barreiras, impacto e pós abrasivos.

O controle físico consiste no uso de métodos como fogo, drenagem, inundação, manipulação da temperatura e umidade e radiação eletromagnética no controle de pragas.

O método genético visa o controle da praga mediante a manipulação do seu genoma ou seus mecanismos de herança. Podem ser utilizados genes letais condicionantes, incompatibilidade citoplasmática, translocações cromossomais, distorção meiótica e esterilidade retardada.

O Controle por Comportamento é aquele no qual evidencia a utilização de voláteis com interação intra (feromônios) e interespecífica (caiomônios) para a localização de presas, organização de atividades sociais como a

agregação de insetos, defesa, reconhecimento de trilha, escolha de locais de oviposição e corte e acasalamento. Este tipo de controle utiliza processos que modificam o comportamento da praga de tal forma a reduzir sua população e danos.

A evolução da resistência de pragas a agrotóxicos tem sido um dos grandes entraves em programas de MIP em diversas culturas a nível mundial (IRAC-BR, 2013).

Novas substâncias são necessárias, para o efetivo controle de pragas, oferecendo maior segurança, seletividade, biodegradabilidade, viabilidade econômica, aplicabilidade em programas integrados de controle de insetos e baixo impacto ambiental (MARANGONI et al, 2012).

## **2.5 Semioquímicos**

A interação mediada por compostos químicos entre organismos vivos é estudada na Ecologia Química. Os primeiros relatos sobre compostos atuando na comunicação entre insetos datam de 1959, com a descoberta do feromônio sexual do bicho da seda *Bombyx mori* por Butenandt (PILLI; ZARBIN, 2000).

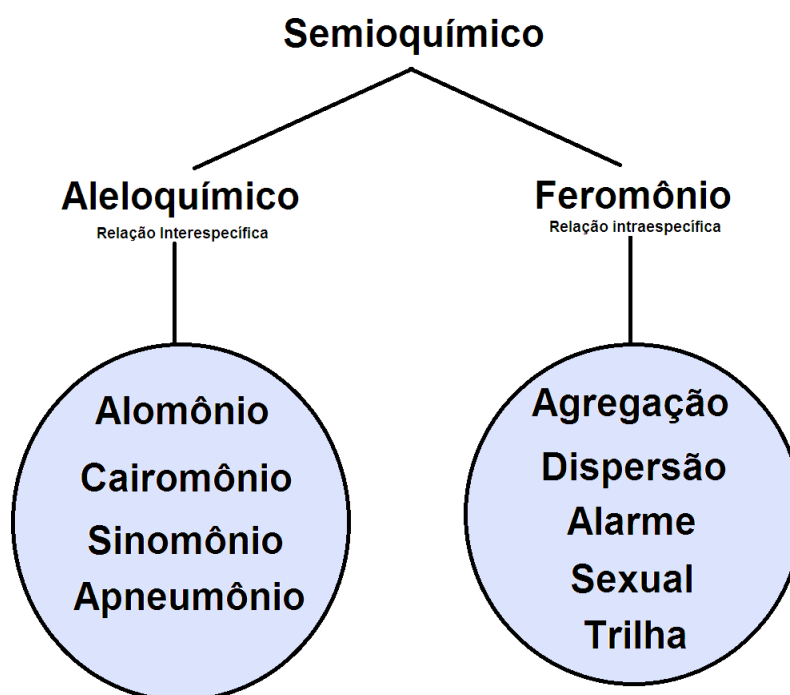
No campo da ecologia química de insetos tem-se elaborado pesquisas com o objetivo de desenvolver novos processos e tecnologias que não agridam o meio ambiente, e que sejam sustentáveis, para o controle de pragas agrícolas. A química vem se aliando às ciências modernas como a Ecologia e a Biologia Molecular para, também, garantir a produção de alimentos sem afetar os organismos não alvo. (PINTO-ZEVALLOS; ZARBIN, 2013)

A comunicação por meio de compostos químicos apresenta influência direta nas relações ecológicas entre insetos e meio ambiente e insetos e outros organismos. Esses compostos funcionam como “iniciadores” de reações comportamentais específicas no indivíduo receptor e são chamados de semioquímicos. O comportamento de agregação, organização de suas comunidades, procura de parceiros para o acasalamento e defesa é veiculado através da detecção e emissão destes compostos (VENZON et al. 2011).

O termo semioquímico é originado da palavra grega *semeion*, que significa sinal e são os compostos químicos liberados para tornar possível a comunicação química entre os seres vivos. Esses compostos induzem a mudança comportamental ou fisiológica em outros indivíduos e possuem duas classificações. Considerando seu modo de ação, caso sejam mediadores de mudança de comportamento em indivíduos de mesma espécie, ou mudança intraespecífica, são denominados de feromônios (grego *pheren*= transferir e *hormon*= excitar), ou quando a reação comportamental acontece em organismos de espécies diferentes, ou seja, interespecíficos, passam a chamar-se de aleloquímicos (grego *allelon*= de um ao outro) (THOMAZINI, 2009; ZARBIN; RODRIGUES; LIMA, 2009).

Os aleloquímicos utilizados na comunicação interespecífica são subdivididos em quatro grupos: alomônios (favorecimento apenas do indivíduo emissor do sinal químico), cairomônios (favorecimento do organismo receptor da mensagem), sinomônios (beneficiam ambos os indivíduos, tanto o que emite quanto o que recebe o sinal químico) e apneumônios (substâncias químicas liberadas por hospedeiro não vivo que atraem parasitóides) (AZEVEDO FILHO; PRATES JÚNIOR, 2005; ZARBIN; RODRIGUES; LIMA, 2009; GOULART, 2012) (Figura 10).

**Figura 10.** Classificação adotada para Semioquímicos



Fonte: Adaptado de Zarbin et al (2009).

A preocupação com a sustentabilidade e preservação do ambiente levou ao desenvolvimento de alternativas aos agrotóxicos, como o uso de feromônios, auxiliando na redução destes produtos, assim como a diminuição dos impactos ambientais (MICHEREFF; BARROS,2001).

O conceito de feromônio foi introduzido por Karlson; Luscher (1959), como substâncias secretadas por um indivíduo, com influência intra-específica, podendo exercer estímulo fisiológico ou comportamental (BEAUCHAMP et al, 1976, FERREIRA; ZARBIN, 1998; PINTO-ZEVALLO;ZARBIN, 2009).

Essas substâncias podem agir na fisiologia e no desenvolvimento dos insetos, assim como, são responsáveis por diversas atividades comportamentais como dispersão, cópula, alarme, agregação, oviposição, sexual e trilha (SILVERSTEIN, 1970; AZEVEDO FILHO; PRATES JÚNIOR, 2005; BERGMANN et al, 2009; VENZON et al. 2011).



Os feromônios são classificados de acordo com essas atividades comportamentais:

1. Feromônio de Trilha= substâncias ou mistura de substâncias excretada por um indivíduo e, detectada por outros indivíduos da mesma espécie. Estão presentes em colônias de insetos sociais com o objetivo de indicar fonte de alimento, como por exemplo, as formigas.

2. Feromônio de Agregação: emitidos principalmente por Coleópteros, são substâncias liberadas pela fêmea ou pelo macho da espécie para atrair um elevado número de indivíduos de ambos os sexos. A agregação pode ter como objetivo uma fonte de alimento.

3. Feromônio de Alarme: substâncias liberadas principalmente por insetos sociais, como abelhas, formigas, cupins com o objetivo de avisar da presença de algum inimigo natural.

4. Feromônios Marcadores de Hospedeiros: têm o princípio de reduzir a competição entre membros de uma mesma espécie.

5. Feromônios de Oviposição: substâncias utilizadas pelos insetos para demarcar um local de postura dos ovos ou impedir a postura de outras fêmeas.

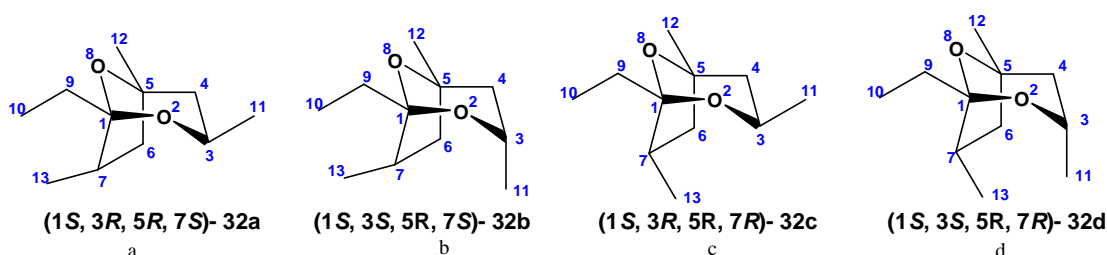
6. Feromônio Sexual: substâncias liberadas pela fêmea ou pelo macho para atrair o indivíduo de sexo oposto para a cópula.

O uso de feromônios (substâncias atóxicas) vem se mostrando uma ferramenta muito promissora no auxílio ao manejo de pragas, assim como o monitoramento das pragas e na tomada de decisão para o efetivo controle dos insetos. Alguns feromônios já vêm sendo produzidos comercialmente e utilizados na agricultura com eficiência, seja para a detecção da praga ou para a coleta massal de adultos (AMBROGI et al. 2009).

Budenberg e colaboradores, em 1993, sugeriram que o composto atrativo produzido pelo *C. sordidus* é um feromônio de agregação produzido no intestino médio do inseto macho, fato comprovado por Beauhaire et al. (1995), que detectaram quatro compostos específicos produzidos por machos da broca-do-rizoma.

O feromônio de agregação do *C. sordidus* foi isolado, identificado e sintetizado por Beauhaire et al (1995), sendo o composto majoritário, (1S, 3R, 5R, 7S) (-2,8-dioxi-1-etil-3,5,7-trimetilbicyclo[3.2.1]octano) (Figura 11-a). A sordidina é um composto cetral bicíclico que engloba 4 isômeros.

**Figura 11.** Diastereoisômeros da sordidina (a, b, c e d).



Fonte: Goulart (2012).

Ndiege et al (1996) confirmaram a atividade da sordidina avaliando armadilhas somente com feromônio, armadilha somente com pseudocaule e outra com feromônio e pseudocaule. Os autores concluíram que as armadilhas com feromônios atraem mais do que as armadilhas somente com o pseudocaule, não diferindo significativamente quando se utiliza a associação, ou não, pseudocaule e feromônio. Reddy et al (2008) corroboraram com os resultados acima, evidenciando a importância do uso da sordidina na captura de adultos de *C. sordidus*.

Budenberg et al (1993) avaliaram duas variedades de banana e concluíram que machos e fêmeas de *C. sordidus* respondem de forma similar a pseudocaule e rizoma, não havendo diferenças nas respostas de EAG, entre os sexos. Os autores sugeriram que não há diferenças, quantitativas e qualitativas, para ambos os sexos, em relação à sensibilidade da sensila aos voláteis da planta hospedeira e que essa orientação provavelmente está relacionada com a procura de alimento e não, aos sítios de oviposição.

Cerda et al (1997) verificou a influência da variedade genômica e idade de cinco cultivares de banana (*M. balbisiana* (BB) vs. *M. acuminata* (AA); topocho (ABB), plátano (AAB) y pineo (AAA)) na atratividade de *C. sordidus* aos voláteis originados de rizoma e pseudocaule, além de avaliar a preferência do inseto às partes das plantas com ou sem frutos e com flor. Os autores concluíram que a única tendência observada em todas as combinações testadas é que o aroma proveniente do rizoma de plantas adultas com fruto é mais atraente.

Segundo Mendonça et al (1999), as fêmeas de *C. sordidus* são atraídas mais facilmente pelos voláteis da bananeira, do que os machos do inseto, sugerindo que a orientação até o hospedeiro está associada ao fator alimento, assim como ao fator sítio de oviposição. Os autores observam que o rizoma fermentado é mais perceptível às fêmeas e que estas têm mais chance de chegar até ao alimento.

Avaliando a eficiência de armadilha com feromônio e iscas dos tipos “telha” e “queijo”, tratadas quimicamente (princípio ativo malatiol), Santos (2010) constatou que o composto feromonal foi superior às outras formas de captura. O autor também observou que a emissão natural do feromônio de agregação nas iscas pode ter sido reduzida devido à morte dos insetos capturados, tendo apenas a atuação do cairomônio na captura de *C. sordidus*.

Ndiege et al (1996), estudou cairomônios de cultivares de bananas resistentes e suscetíveis, encontrando 21 compostos eletrofisiologicamente ativos, dentre estes 1,8-cineol e limoneno. Pino; Febles (2013) detectaram um total de 146 voláteis, 11 destes foram considerados, pela primeira vez como compostos provenientes de aroma de frutos de banana.

Dentre os cairomônios isolados de bananeiras de diferentes variedades, o acetato de isoamila (IUPAC: 1-butanol, 3-methyl- acetate: N<sup>o</sup> de registro CAS 123-92-2) é o composto mais abundante em frutas de banana de diferentes origens (SALMON et al, 1996; FACUNDO et al, 2012).

A maioria dos semioquímicos é instável devido a sua estrutura química, sendo necessária na formulação destes, a presença de elementos que

protejam da degradação por luz ultravioleta e oxigênio. Por outro lado, a formulação da mistura feromonal deve permitir uma liberação controlada dos semioquímicos (HEUSKIN et al 2011).

Segundo Witzgall (2001), a maioria dos liberadores comerciais existente no mercado libera o feromônio de forma passiva, dependendo da temperatura do ambiente. O mais comum dos dispensadores é o tubo de polietileno (Eppendorf safe-lock<sup>®</sup>). Uma das limitações do uso deste liberador inclui a dificuldade de manter a ordem de liberação, ou seja a cinética constante (taxa de liberação constante) durante um longo período de tempo sem que a diminuição da concentração dos semioquímicos e a distância da superfície de contato interfiram na liberação da mistura feromonal.

## **2.6 Ecologia e marcadores moleculares**

Os organismos geralmente são bem adaptados às condições de seus ambientes. A forma e a função podem variar de acordo com a temperatura, disponibilidade de água, salinidade, oxigênio e outros fatores encontrados por cada espécie. O local de alimentação do inseto podem diferir em relação ao tempo e espaço. O sucesso reprodutivo do inseto aumenta à medida em que os indivíduos se adaptam a esse ambiente (RICKLEFS, 2003).

A distribuição de uma população é a sua abrangência geográfica. A presença ou ausência de habitats adequados frequentemente determina a extensão da distribuição de uma população, embora outros fatores, como competidores, organismos patogênicos e barreiras à dispersão também tenham influência (BEGON;MORTIMER, 1986; KREBS, 1989; WIENS et al., 1993). A maioria das populações de um indivíduo está dividida em subpopulações que vivem dentro de manchas homogêneas de habitat adequado, separados de outras subpopulações por áreas de habitat desfavorável (WIENS et al. 1993).

O indicador em última instância de uma população é o número de indivíduos que ela contém. O tamanho total da população segue dois parâmetros, a densidade e a área. Devido às densidades das populações

mudarem ao longo do tempo e do espaço, nenhuma população tem estrutura estática (WIENSet al. 1993; MORSE; ROBINSON, 1999).

As diferenças nos fatores seletivos ou nas mudanças aleatórias nas populações podem causar uma variação geográfica na sequência de alelos entre subpopulações, que encontram-se separadas por uma barreira natural, como um rio ou uma cadeia de montanhas. Contudo, as populações não têm que ser subdivididas para que surjam diferenças genéticas nelas. Se a diferença nas pressões seletivas entre duas localidades está fortemente relacionada com a taxa do fluxo gênico entre elas, então a diferença nas frequências de alelos pode ser mantida por pressão natural diferencial (RICKLEFS, 2003). Em muitos casos, essas diferenças resultam de respostas de desenvolvimento (COOK; MANI; VARLEY, 1987; MAYNARD SMITH, 1989; GOULD, 1991; RICKLEFS, 2003).

A técnica de genética molecular apresenta-se como ferramenta para o estudo da biologia, ecologia e genética populacional de insetos, em ambiente natural e em condições de laboratório (HUNT, 1997; REINEKE et al., 1998; QUEIROZ, 2005).

A geração de marcadores genéticos, como a técnica de RAPD - SCAR (HERNANDÉZ et al., 2001; SANDHU et al., 2003) possibilita a diferenciação entre dois ou mais indivíduos (GRATTAPAGLIA; FERREIRA, 1998; GARCIA, 2001; LEWONTIN, 2002).

Queiroz et al (2007) observou a importância do uso de marcador molecular RAPD-SCAR para avaliação de variabilidade genética existente dentro e entre algumas das populações de insetos-praga de interesse agrícola como o bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*), utilizando oligonucleotídeos da família OPA.

A sensibilidade e precisão dos marcadores SCAR permite o desenvolvimento de ferramentas moleculares seguras para a identificação de biótipos de insetos-praga (QUEIROZ et al, 2007a).

A Bioinformática é um subconjunto de um campo maior da Biologia Computacional que fornece algoritmos, banco de dados, interfaces de usuário e ferramentas estatísticas. Possibilita, também, a realização de comparação de sequências de DNA, predição de genes, alinhamento múltiplo, análise

filogenética, identificação de motivos, extração de padrões e perfis de sequências, predição de estruturas protéicas e disponibiliza programas de modelagem por homologia e de banco de dados na Internet (GIBAS; JAMBECK, 2001).

O NCBI é de domínio público e está interligado com diversos bancos de dados internacionais de sequências, como o EMBL e DDBJ e é responsável por organizar um banco de dados de sequências de DNA, o GenBank (GALVÃO, 2003)

Alguns programas, muitas vezes ligados aos bancos de dados, podem fornecer informações sobre a sequência, efetuando análises biológicas *in silico*, como pDRAW32 DNA Analysis (pDRAW32, 2014); DNAclub (CHEN, 2011); Webcutter (HEIMAN, 1997); DNA for Windows (DIXON, 1999); MB DNA Analysis (OLEG, 2007); SSRFinder (HILD, 2011); TRF – Tandem Repeat Finder (BENSON, 1999).

Os programas de análise eletrônica de DNA podem auxiliar na redução de tempo e custos em um laboratório de Biologia Molecular, pois por meio de simulações, proporcionam a seleção *a priori* de enzimas de restrição que poderiam não clivar sequências de fragmentos de DNA a serem utilizadas na digestão real e proporcionar aos pesquisadores uma ferramenta eficiente e precisa para estimar o polimorfismo genético.

## **2.7 Cromatografia Gasosa (CG) - Espectrometria de Massa (EM)**

Segundo as recomendações IUPAC-1993, em Nomenclatura para Cromatografia, o termo “cromatografia” refere-se a um método físico de separação no qual os componentes a serem separados são distribuídos em duas fases, uma estacionária e uma móvel. A fase estacionária pode ser um sólido, um gel ou um líquido. A fase móvel corresponde a um fluido que percola através da fase estacionária, em uma direção definida. O fluido pode ser um líquido (cromatografia líquida) ou um gás (cromatografia gasosa) (ETTRE, 1993). Na figura 12 pode-se observar o mapa referente à organização primária da cromatografia segundo a IUPAC.

Cromatografia gasosa (CG) é uma das mais importantes técnicas analíticas. Seu desenvolvimento se deu rapidamente durante a década de 1960 produzindo mudanças na química analítica e em muitas áreas de pesquisa e desenvolvimento. Subsequentemente, colunas abertas e capilares foram produzidas aumentando consideravelmente a capacidade de separação do CG. Assim amostras complexas como odores e resíduos do ambiente podem ser identificadas dentre centenas de compostos. Técnicas híbridas, particularmente utilizando o espectrômetro de massa (EM) como detector, têm expandido as análises de CG permitindo separar os compostos e prontamente identificá-los (BRAITHWAITE; SMITH, 1996).

Muitas análises de rotina são realizadas rapidamente por esta técnica devido a sua rapidez e sensibilidade em todos os campos de análise. Por exemplo, por meio do uso de apenas 0.1 centímetros cúbicos de sangue, pode-se determinar as porcentagens de oxigênio dissolvido, nitrogênio, dióxido de carbono e monóxido de carbono. A cromatografia de gás é útil também na análise de contaminantes do ar, do álcool no sangue, de óleos essenciais e produtos alimentícios. Devido a sua simplicidade, sensibilidade e efetividade para separar os componentes de misturas, a cromatografia de gás é uma das ferramentas mais importantes na química (LINDE, 2014).

Segundo Braithwaite e Smith (1996) o método consiste na separação de moléculas (soluto) em uma amostra, que é carregada por uma fase móvel, normalmente hidrogênio, hélio, nitrogênio ou argônio, que atuarão como gás de arraste. A interação ocorre entre o soluto e essa fase estacionária. A atração do soluto pela fase estacionária resulta em um retardo na movimentação através do sistema cromatográfico. Diferentes componentes irão se mover a diferentes taxas devido à diferença na afinidade entre as moléculas e a fase estacionária.

A taxa de migração sofre influência de alguns fatores como da composição da fase móvel; tipo e propriedade da fase estacionária; das forças intermoleculares entre os componentes e as fases estacionária e móvel e da temperatura.

Segundo o Gold Book – Compendium de terminologia química da IUPAC (IUPAC, 2014), em Nomenclatura para Cromatografia A espectrometria de massa é um ramo da ciência que lida com todos os aspectos sobre os compostos e os resultados obtidos com os instrumentos relacionados a essa técnica. A espectrometria de massa é usada como um detector que gera dados quantitativos e qualitativos de várias substâncias eluidas e tem no espectro de massa uma evidência da natureza química de várias espécies.

O espectro de massa é obtido convertendo componentes de uma amostra em íons gasosos, separando-os de acordo com a relação massa/carga destes compostos. A espectrometria de massa é, talvez, a técnica analítica mais aplicada e é capaz de fornecer informações sobre a composição quantitativa e qualitativa de analitos orgânicos e inorgânicos em uma mistura complexa; resolve a estrutura de uma variedade de espécies moleculares complexas; mede a taxa isotópica de átomos em amostras e pode elucidar estrutura e composição de superfícies sólidas (SKOOG; LEARY, 1992).

Segundo Linde (2014), o espectrômetro de massa é constituído de quatro partes: um sistema de manipulação para introduzir a amostra desconhecida no equipamento; uma fonte de íon, na qual é produzido um feixe de partículas proveniente da amostra; um analisador que separa partículas de acordo com a massa; um detector, no qual os íons separados são recolhidos e caracterizados.



### 3 Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado por meio de parceria institucional entre a Universidade Federal de Alagoas, a Interacta Química LTDA e a Fazenda Bonsucesso, Coop de Colonização Agro Pecuária Indl **Pindorama** Ltda Geral.

#### **Foram realizadas as seguintes etapas nos respectivos locais:**

A) Obtenção dos insetos adultos de *C. sordidus*.

B) Análise da diversidade genética de *C. sordidus* por RAPD-SCAR foi realizada no Campus de Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas.

C) Prospecção de compostos orgânicos voláteis do ambiente do agroecossistema do bananal e de partes da planta de bananeira por Cromatografia gasosa e Espectrometria de massa, foi realizado no Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas – IQB - Campus A. C. Simões.

D) Teste de campo de diferentes concentrações de sordidina e óleo mineral, realizado na Fazenda Bonsucesso, Coop. de Colonização Agro Pecuária Indl **Pindorama** Ltda Geral, no município de Coruripe/ AL

D)O feromônio de *C. sordidus* foi sintetizado na Interacta Química LTDA, na Universidade Federal de Alagoas – Campus A. C. Simões.

Os insetos adultos de *C. sordidus* coletados foram mantidos em caixas plásticas aeradas, de tamanho 20x10x10cm de comprimento, largura e altura. sobo regime de luz: escotofase de 12: 12, umidade relativa de 80% e temperatura de 28°C. Cada caixa continha 20 cm do palmito do pseudocaule cortado em dois pedaços iguais, e efetuada uma fenda para a melhor acomodação dos insetos. O alimento era trocado a cada dois dias.

Para as análises de compostos orgânicos voláteis do ambiente do agroecossistema do bananal e de partes da planta de bananeira foi utilizada a técnica de cromatografia gasosa e cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas, com as seguintes especificações dos aparelhos:

1. Cromatógrafo a gás Shimadzu, equipado com uma coluna DB-5, com 60 m de comprimento, 0,25 µm de espessura e 0,25 mm de diâmetro interno. O gás de arraste utilizado foi hélio (He), com taxa de fluxo de 1 mL/min e pressão de 45 kPa. A programação em relação à temperatura consistiu de aquecimento inicial de 30 °C durante quatro minutos, elevação da temperatura até atingir 200 °C durante sete minutos, com velocidade de 8 °C/min durante 12 minutos. O modo de controle de injeção utilizado foi o Splitless.

2. Espectrômetro de massas da Shimadzu, modelo GCMS-QP2010 Plus, acoplado ao cromatógrafo gasoso. Foram obtidos os espectros de massas referentes aos processos por impacto eletrônico a 70 eV, com temperatura de 250°C da fonte íons e 270°C da interface. As amostras foram solubilizadas em hexano e injetadas. Foi utilizado aparelho do LPqRN-IQB-UFAL.

### 3.1 Estudos realizados

#### 3.1.1 Diversidade genética por RAPD e desenvolvimento de marcadores SCAR para *Cosmopolites sordidus* coletados em três regiões produtoras de banana do estado de Alagoas

Os insetos foram coletados com o emprego de iscas de pseudocaule dos tipos telha e queijo, e catação em plantas cortadas de bananeira, da variedade prata, nos municípios de Coruripe, São Jose da Laje e Santana do Mundaú (Tabela 1).

**Tabela 1.** Locais de coleta de *Cosmopolites sordidus*.

CORURIPE		
B2B3V1 (ponto 01)	Local	S 10°14'00,0" W 36°19'51,8"
	Elevação	54m
	Distância (Maceió-Coruripe)	71,05Km
	Azimute	SE
B1V3 (ponto 02)	Local	S 10°14'04,9" W 36°19'58,4"
	Elevação	55m
	Distância (Maceió-Coruripe)	71,02Km
	Azimute	SE
B1V4 (ponto 03)	Local	S 10°14'04,9" W 36°19'58,3"
	Elevação	58m
	Distância (Maceió-Coruripe)	71,02Km

B1V5 (ponto 04)	Azimute	SE
	Local	S 10°14'06,9" W 36°20'02,7"
	Elevação	56m
	Distância (Maceió-Coruripe)	71,00Km
B1V6 (ponto 05)	Azimute	SE
	Local	S 10°14'07,0" W 36°20'02,8"
	Elevação	60m
	Distância (Maceió-Coruripe)	71Km
<b>SÃO JOSÉ DA LAJE</b>		
SJL 1	Local	S 9°01'15,3" W 36°03'36,9"
	Elevação	259m
	Distância (Maceió-São José da Laje)	94,7Km
	Azimute	SE
SJL 2	Local	9°01'15,7" 36°03'36,6"
	Elevação	265m
	Distância (Maceió-São José da Laje)	95Km
	Azimute	SE
SJL 3	Local	S 9°01'15,8" W 36°03'36,9"
	Elevação	277m
	Distância (Maceió-São José da Laje)	95Km
	Azimute	SE
SJL 4	Local	S 9°01'6,2" W 36°03'36,5"
	Elevação	282m
	Distância (Maceió-São José da Laje)	95,5Km
	Azimute	SE
SJL 5	Local	S 9°01'15,9" W36°03'37,4"
	Elevação	274m
	Distância (Maceió-São José da Laje)	95Km
	Azimute	SE
<b>SANTANA DO MUNDAÚ</b>		
SM-01	Local	S 9°10'27,2" W 36°13'47,6"
	Elevação	227m
	Distância (Maceió-Santa do Mundaú)	93,4Km
	Azimute	SE
SM-02	Local	S 9°10'27,3" W 36°13'47,5"
	Elevação	235m
	Distância (Maceió-Coruripe)	94Km
	Azimute	SE

Os insetos foram levados ao Laboratório de Genética Molecular, na Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca e mantidos em congelador sob temperatura de -83°C para posterior extração de DNA e demais análises moleculares. A identificação foi efetuada segundo Costa Lima (1956).

Foi extraído DNA genômico, através do protocolo de extração de Graham et al (1994), de 30 insetos provenientes das coletas efetuadas nos municípios de Coruripe, São José da Laje e Santana do Mundaú. O protocolo para extração de DNA foi adaptado utilizando o nitrogênio líquido para maceração do inseto no lugar do CTAB pré-aquecido. A quantificação foi feita em gel de agarose 1% corado com brometo de etídio (10mg/μL). Os géis foram

visualizados em luz ultravioleta e fotodocumentados em sistema digital. Foram selecionados 20 indivíduos para efetuar o teste de genética de populações.

Foram utilizados 10 *primers* de RAPD: OPA – 01 (5' – CAG GCC CTTC – 3'); OPA – 02 (5' – TGC CGA GCT G – 3'); OPA – 03 (5' – AGT CAG CCA C – 3'); OPA – 04 (5' – AAT CGG GCT G – 3'); OPA – 07 (5' – GAA ACG GGT G – 3'); OPA – 08 (5' – GTG ACG TAG G – 3'); OPA – 09 (5' – GGG TAA CGC C – 3'); OPA – 10 (5' – GTG ATC GCA G – 3'); OPA – 16 (5' – AGC CAG CGA A – 3') e OPA – 18 (5' – AGG TGA CCG T – 3').

As reações foram preparadas para um volume de 25 µL, contendo: 50 ng de DNA genômico; 1x Tampão da enzima; 2 mM de MgCl<sub>2</sub>; 0,2 mM de dNTPs; 0,5U de *Taq*-Polimerase e 0,2 µM de *primer*. As amplificações foram realizadas em termociclador modelo: PTC-100, MJ Research, Inc.. A programação consistiu em quatro passos: o passo 1 continha dois ciclos programados para uma desnaturação à 94°C por um minuto, com anelamento a 35°C por 30 segundos e anelamento a 72°C por um minuto; o passo 2 continha 40 ciclos programados para uma desnaturação a 94°C por 15 segundos, anelamento a 35°C por 30 segundos e extensão a 72°C por um minuto; o passo 3 consistiu em um anelamento adicional a 72 °C por 7 minutos e no passo 4, a temperatura foi baixada a 4°C até a retirada das reações do termociclador.

O polimorfismo obtido por meio da técnica de RAPD foi tabulado conforme a presença (1) ou ausência (0) de bandas.

O procedimento para obtenção de marcador SCAR foi efetuado segundo Melotto et al. (1996).

A seleção de marcadores SCAR iniciou-se com a coleta das bandas. Foi pesado um microtubo (Eppendorfsafe-lock<sup>®</sup>1,5mL) por banda extraída, num total de 7 bandas candidatas. O banho Maria foi previamente aquecido, utilizado o kit de extração QIAquickÔGel Extraction Kit (50) - QIAGEN (Cat. No.28704), centrífuga para microtubos, bisturi e transluminador.

Gel de agarose contendo as bandas de interesse foi colocado sob luz ultravioleta, em transluminador, e cortadas com bisturi, tendo o cuidado para não fragmentar outras bandas que estejam perto. As bandas tiveram suas arestas aparadas quando necessário.

As bandas foram colocadas nos microtubos e pesados para estimar o peso do gel. O peso do fragmento é importante para dar sequência ao protocolo.

Foram utilizados 10 *primers* para gerar os padrões de bandas: OPA – 01 (5' – CAG GCC CTTC – 3'); OPA – 03 (5' – AGT CAG CCA C - 3' ); OPA – 07 (5' – GAA ACG GGT G - 3' ); OPA – 08 (5' – GTG ACG TAG G - 3' ); OPA – 09 (5' – GGG TAA CGC C - 3' ); OPA – 16 (5' – AGC CAG CGA A - 3' ); OPA – 18 (5' – AGG TGA CCG T - 3' ) e OPA – 20 (5' – GTT GCG ATC C – 3'). Posteriormente, as bandas foram eluidas para sequenciar e construir os primers para a validação do marcador SCAR.

Adicionou-se seis volumes do tampão GQ para um volume do gel (100 mg ~100 µL), devido a concentração de 2% de agarose, incubado a 50°C por 10 minutos até dissolver por completo o fragmento de gel, foi agitado em *vortex* para auxiliar na dissolução.

Após o gel ter sido totalmente dissolvido, a reação tornou-se amarela. Foi adicionado um volume de isopropanol. A solução foi transferida para um tubo de coleta, de 2 mL, contendo uma coluna de separação e centrifugada por um minuto, descartado a solução e a coluna recolocada no tubo de coleta. Adicionou-se 0,5mL do tampão QG para a coluna e centrifugada por um minuto a 13000 rpm. O tampão foi descartado e a coluna novamente centrifugada por um minuto a 13000 rpm. A coluna foi colocada em um microtubo de 1,5mL e o DNA foi eluído na presença de 50 µl de tampão EB, centrifugado e adicionado mais 30 µl de tampão EB.

As bandas recuperadas foram enviadas para a Macrogen([http://www.macrogen.com/eng/macrogen/macrogen\\_main.jsp](http://www.macrogen.com/eng/macrogen/macrogen_main.jsp)), na Coréia do Sul para serem sequenciadas. Após o sequenciamento, foram construídos os primers utilizando o programa Primer3 (UNTERGRASSER et al., 2012).

### **3.1.2 Prospecção de Compostos orgânicos voláteis do ambiente do agroecossistema do bananal e de partes da planta de bananeira variedade pratapara manejo de *C. sordidus***

O presente estudo foi realizado no período de 17/04 a 16/05/2014 em área de plantio comercial de banana (Variedade prata) no município de Coruripe, Fazenda Bonsucesso participante da Cooperativa de Colonização Agro Pecuária Indl Pindorama Ltda Geral (Latitude= S 10°13'52,6"; Longitude= WO 36°19'09, 0" e Altitude de 63m). A região é localizada na Zona-da-mata alagoana com clima do tipo Aw (clima tropical com estação seca de inverno) conforme classificação de Köppen-Geiger (PEEL et al, 2007).

A temperatura média da região, segundo o INMET (Estação automática de Coruripe), foi 27,67°C e umidade relativa de 91,11% (Anexos 1 a 14).

A extração dos voláteis foi efetuada através com auxílio de equipamento portátil de aeração em campo, contendo duas bombas de ar e três fluxômetros.

Coletaram-se voláteis da atmosfera, pseudocaule e rizoma por meio de colunas de porapak N suspensas a uma altura de aproximadamente 50 cm do solo, presas ao pseudocaule e presas a um recipiente plástico contendo o rizoma respectivamente. As colunas confeccionadas com pipeta de Pasteur, lâ de vidro e o adsorvente de Porapak N 50-80 Mesh (referência 23043), marca SUPELCO, foram ativadas no LPqRN/ Ufal durante 2 horas a 130°C em forno para ativação de colunas.

Em cada repetição do tratamento procedeu-se aeração acoplado-se na entrada do sistema uma coluna de carvão ativado a 180°C por duas horas para pré-filtrar o ar, a um fluxo de 1L/min. O ar é então forçado pela primeira bomba de ar a entrar nas pipetas de Pasteur (colunas) com o adsorvente Porapak N e ligado à segunda bomba, esta funcionando com vácuo (0,6L/Min). A aeração foi efetuada por 2 horas. A fim de realizar as análises de cromatografia gasosa e espectrometria de massas as amostras retiradas durante a coleta nos adsorventes foram recuperadas utilizando-se 1mL de hexano bidestilado.

O extrato obtido foi acondicionado em *vials* de 1mL devidamente identificados e armazenado sob temperatura de -20°C.

Antes das análises em CG-EM, os extratos foram retirados do freezer e mantidos à temperatura ambiente por cinco minutos, segundo Moreira (2005).

Os compostos detectados em CG-EM, a partir dos extratos, foram analisados e comparados com as bibliotecas internas NIST08, WILLEY229 e NIST08s, utilizando-se o índice de similaridade. Com base na análise supracitada e análise dos espectros de massa de cada composto, juntamente com os dados do tempo de retenção e Índice de Kovats, foram determinadas as moléculas mais prováveis. Para verificação de registro sobre a atividade biológica dessas moléculas, foi utilizado o índice de Kovats para confrontar com o banco de dados Pherobase.

### **3.1.3 Estudo da eficiência de diferentes concentrações de sordidina e de posição da armadilha em campo para manejo de *C. sordidus*.**

O presente estudo foi realizado no período de 17/04 a 16/05/2014 em área de plantio comercial de banana do grupo AAB (Variedade prata) no município de Coruripe, Fazenda Bonsucesso. A região é localizada na Zona-da-mata alagoana.

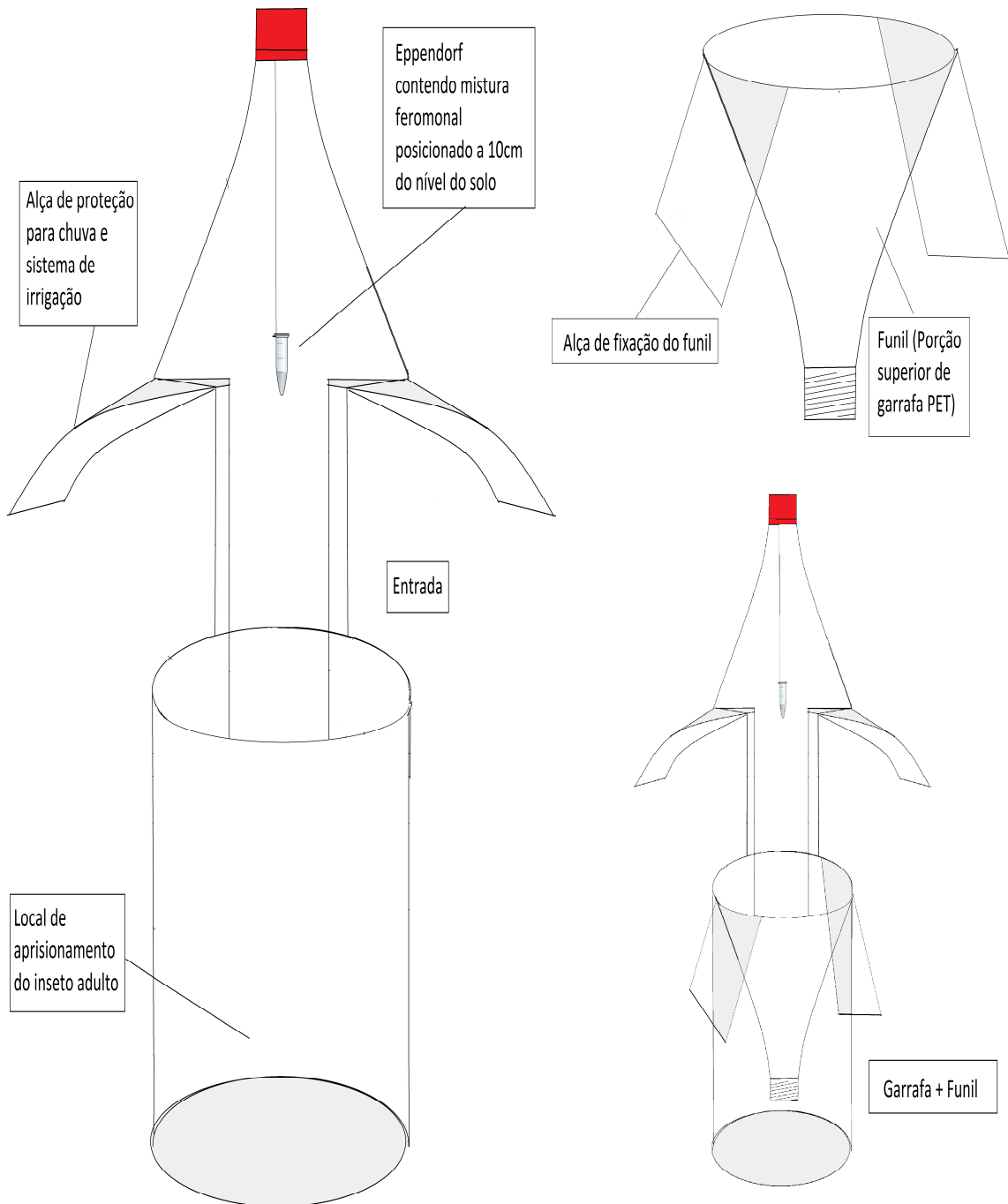
O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 4 repetições, sendo cada uma destas um talhão distando em 1000 metros. O arranjo experimental foi em esquema fatorial do tipo 2x4, sendo duas posições (Borda e Centro do talhão) e três doses de sordidina (10, 20 e 30mg). O feromônio foi formulado na empresa Interacta Química LTDA. Para tal foram utilizados frascos plásticos Eppendorf safe-lock<sup>®</sup> de 1,5 ml de capacidade. As armadilhas, utilizadas foram confeccionadas a partir de garrafas de Polietileno Tereftalato (PET) de 2L nas quais se instalaram as iscas de feromônio, de acordo com Sobrinho et al (2008) e adaptação de RADA (2009) (Figura 16 e 17).

Na tampa de cada eppendorf realizou-se três furos de 1mm. As parcelas (armadilha) foram dispostas nos blocos a distância de 30m entre elas, sendo cada armadilha completa (isca+armadilha) enterrada até 2/3 de sua altura mantendo como padrão a altura da isca em 10 cm em relação nível do solo.

#### **Parâmetros avaliados**

Avaliou-se a eficiência de captura dos tratamentos com base na contagem direta do número de *C. sordidus* por armadilha em cada data em treze coletas.

**Figura 16.** Desenho esquemático da armadilha do tipo PET usada no experimento para captura de insetos adultos de *C. sordidus*.





**Figura 17.** Armadilha tipo PET, utilizada para captura de adultos de *Cosmopolites sordidus*, posicionada ao nível do solo.



### 3.1.4 Eficiência e calibração da relação entre volumes de Sordidina e Óleo mineral para o manejo de *C. sordidus*.

Os dados climáticos de temperatura, umidade relativa em cada data de coleta dentro de cada talhão que contem os blocos experimentais estão apresentadas a seguir na tabela 2.

**Tabela 2.** Temperatura e umidade relativa nos talhões experimentais às 8:00 em cada dia de coleta, Fazenda Bonsucesso, Coop de Colonização AgroPecuária Indl Pindorama Ltda Geral, Coruripe, Alagoas (17/08 à 16/09/2014)

Dias	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)	
	----- Talhão -----			
	1*	2**	1*	2**
04	26	26,8	77	73
07	25,9	26,8	58	55
11	27,6	26,5	71	63
14	27	28	60	61
18	27	28,3	58	55
21	25	24,3	72	71
25	24,4	25	94	92
28	26,7	27,1	68	62
32	28,7	30	51	50

Talhão 1\*=Blocos de 1 a 4; Talhão 2\*\*= Blocos de 5 a 8; Fonte: Dados coletados pelo autor por meio de termohigrômetro digital portátil, dados coletados às 8:00 da manhã

O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso com oito repetições sob esquema fatorial do tipo 9x 4x 4. Sendo os seguintes tratamentos, respectivamente: nove coletas (4, 7, 11, 14, 18, 21, 25, 28 e 32 dias após a instalação das armadilhas), quatro volumes de óleo mineral (100, 200 e 300 $\mu$ L) e uma repetição com 0 $\mu$ L de óleo; e três doses de sordidina (30, 60 e 90mg) e uma repetição com 0mg de sordidina, totalizando 144 tratamentos. Em cada isca foi adicionado o cairomônio acetato de isoamila (700 $\mu$ L).

Os tratamentos de iscas foram formulados na empresa Interacta Química LTDA e acondicionados frascos plásticos “Ependorff” de 1,5 ml de capacidade.

As armadilhas, utilizadas foram confeccionadas a partir de garrafas de Polietileno Tereftalato (PET) de 2L nas quais se instalaram as iscas de feromônio, de acordo com Sobrinho et al (2009) e adaptação de RADA (2009) (Figuras 15 e 16).

Na tampa de cada isca realizou-se três furos de 1mm. As parcelas (armadilha) foram dispostas nos blocos a distância de 11,2m entre elas e 32m entre blocos, sendo cada armadilha completa (isca+armadilha) enterrada até 2/3 de sua altura mantendo como padrão a altura da isca em 100mm em relação nível do solo (Figura 16).

Foram anotadas as coordenadas geográficas de cada área, com o auxílio do aparelho GPS Garminetrex Venture e os dados de temperatura e umidade em cada área de coleta, utilizando-se um termohigrômetro Maruyse modelo KT-908.

Parâmetro avaliado:

Realizou-se a avaliação da flutuação populacional de insetos adultos de *C. sordidus*, a eficiência de captura entre e dentro dos tratamentos determinado a quantidade de óleo mineral e de sordidina para máxima captura com base na contagem direta do número de *C. sordidus* por armadilha em cada data.

### 3.2 Procedimentos analítico dos dados

Para o estudo de diversidade genética utilizou-se a análise dos coeficientes de diferenciação média entre os grupos ( $G_{ST}$ ), conforme Nei (1978), por meio do programa POPGEN32 (Yeh et al. 1999). Utilizando-se o mesmo programa, obteve-se a diversidade dentro de cada grupo ( $h$ ). Para a definição da altura de corte da sequência de DNA e separação dos grupos no dendrograma, adotou-se a metodologia de Mojena (1977) com  $k = 1,25$ , como sugerido por Milligan; Cooper (1985). Para os procedimentos de mineração de dados (Data Mining), foi utilizada a base de dados de sequências de DNA e Proteínas NCBI (National Center for Biotechnology Information) e os programas pDRAM32, DNAClub, Webcutter 2.0, DNA for Windows, MB DNA Analysis, SSR Finder, Tandem RepeatsFinder e ClustalW2.

Quanto aos experimentos de campo os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Lilliefors, homogeneidade de variâncias de Chocran&Bartlet. Para as contagens procedeu-se a transformação dos mesmos em  $\sqrt{(x+0,5)}$ . Após esta etapa realizou-se análises de variâncias. Para as fontes de variação de caráter qualitativo procedeu-se o teste de Agrupamento de Scott-Knott ao passo que os de caráter quantitativo foram aplicados a análise de regressão. Para os modelos significativos procederam-se modelagem e teste das equações no intervalo experimental. Para os parâmetros que apresentaram respostas de segundo, terceiro e quarto grau realizou-se a estimativa dos pontos de inflexão destes e de seu respectivo valor de  $\hat{Y}$ . As equações foram verificadas por meio de cálculo diferencial e substituição dos respectivos valores estimados para "x". Os parâmetros que apresentaram respostas lineares adotaram-se o critério de 100% do tratamento quantitativo para máxima resposta (Fernandes et al., 2000). Todas as análises foram realizadas ao nível de 5 % de probabilidade. Foi utilizado o software intitulado Sistema de Análise Estatística e Genética, "SAEG" V.5.1 UFV-1995; *Mathematics modeling and simulation system* (Maple™ V.11) MAPLESOFT / Waterloo Maple Inc. – 2007 e o pacote estatístico do Excel (Microsoft Inc.).

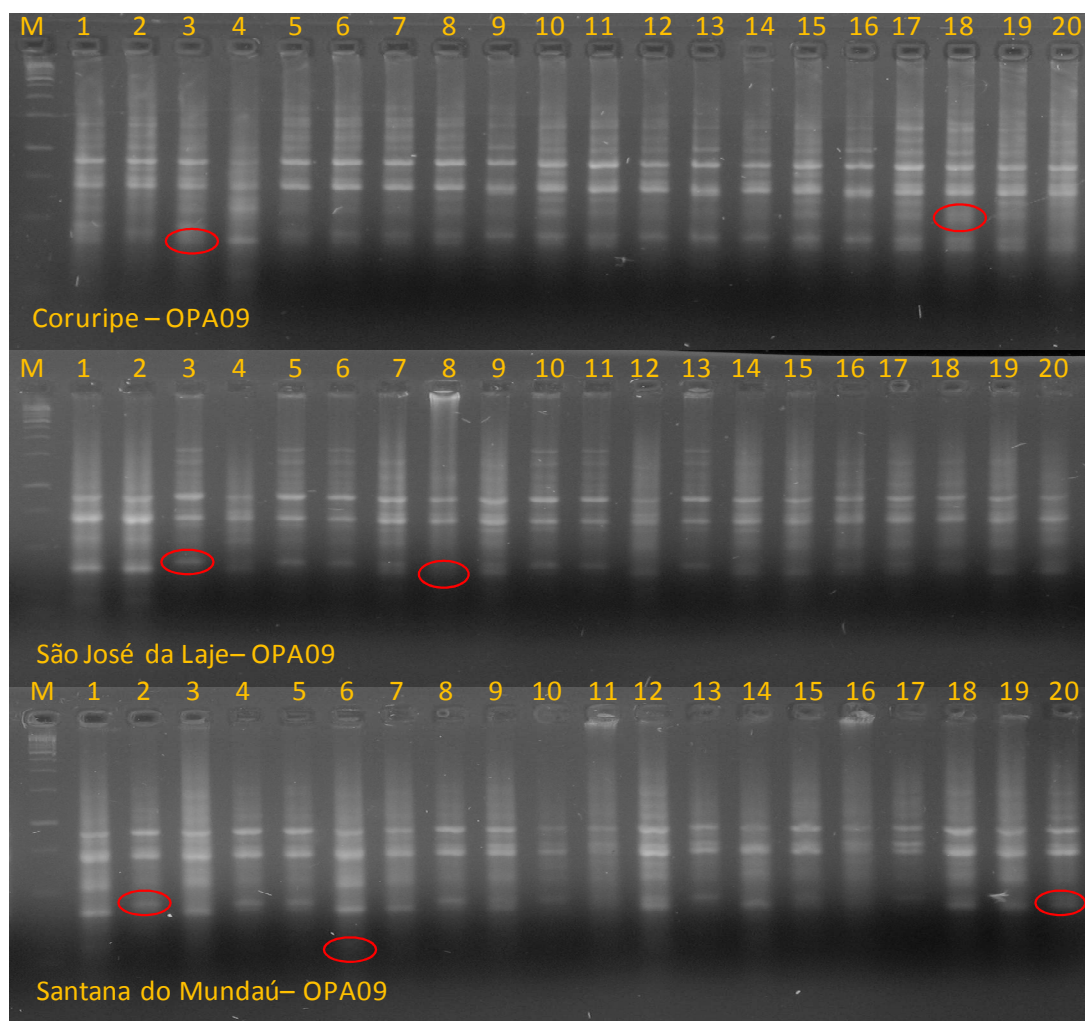
## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Diversidade genética por RAPD e desenvolvimento de marcadores SCAR para *Cosmopolites sordidus* coletados em três regiões produtoras de banana do estado de Alagoas

Um total de 18.480 bandas foi amplificado para populações de *C. sordidus*.

Os primers da família OPA propiciaram a obtenção de bandas polimórficas. Alguns dos diferentes perfis eletroforéticos para *C. sordidus* obtidos com diferentes *primers* de RAPD podem ser observados na Figura 18.

**Figura 18.** Perfis eletroforéticos de *C. sordidus* amplificados com o primer de RAPD OPA-09. Círculos vermelhos= bandas candidatas para o desenvolvimento de marcadores SCAR. Marcador 1Kb DNA ladder (M).



Todos os primers selecionados produziram diferentes padrões de fragmentos RAPD. O número de bandas geradas por primer variou respectivamente de nove a 20 para o primer OPA-03 a 20 para o primer OPA-02, todas com 200 e 700bp.

Com o emprego do primer OPA-01 observou-se quatro bandas polimórficas com aproximadamente 260, 280 300 e 320bp e 13 bandas monomórficas entre 200 e 700bp, entre todos os indivíduos provenientes de Coruripe.

Entre os indivíduos de Santana de Mundaú, também foram observadas quatro bandas polimórficas com aproximadamente 260, 300, 380 e 420bp assim como os de Coruripe, mas foram observadas 10 bandas monomórficas. Foram observadas cinco mandas monomórficas entre os indivíduos proveniente de São José da Laje.

O primer OPA-02 gerou um total de 20 bandas entre as quatro populações, sendo quatro delas polimórficas. Com a amplificação gerada com o auxílio do primer OPA-03 foram observadas cinco bandas monomórficas com peso molecular entre 300 e 1000bp e três bandas polimórficas. Foram encontradas 16 bandas monomórficas entre 300 e 1000bp amplificadas com o primer OPA-04 e 2 bandas candidatas para o desenvolvimento de marcador. Para o primer OPA-07 foram observadas 12 bandas monomórficas e 3 bandas candidatas para o desenvolvimento de marcador. Ao primer OPA-08 foram encontradas 11 bandas monomórficas e quatro bandas candidatas para o desenvolvimento de marcador, dois padrões de bandas foram observados em todos os indivíduos dos quatro municípios, também visualizado com o uso do primer OPA-09, foram observadas quatro bandas candidatas para o desenvolvimento de marcador.

Os primers OPA10, OPA16 e OPA18 não amplificaram bandas polimórficas, logo o mesmo padrão de RAPD foi obtido para todos os indivíduos de todas as localidades.

A diversidade genética observada entre todos os indivíduos foi 0.18, evidenciando uma baixa variabilidade gênica (Tabela 3). Futuyama (2002)

descreve que uma taxa de fluxo gênico próxima a 0,5 já se considera que a variabilidade é muito alta. Vilarinho (2007) encontrou um índice de diferenciação genética de 0,258 para o coleóptero *Anthonomus grandis*, demonstrando uma baixa variabilidade e evidenciando a importância de marcadores genéticos na avaliação da diversidade de insetos.

**Tabela 3.** Diversidade genética em três populações do *C. sordidus* em plantios comerciais de banana em três municípios de Alagoas

Populações	Tamanho	na	ne	h	Loci polimórficos (%)
Coruripe	19	1,39	1,30	0,16	39,13
S. J. da Lage	19	1,47	1,34	0,20	47,83
Santana do Mundaú	20	1,34	1,25	0,14	34,78
<b>Total</b>	<b>58</b>	<b>1,56</b>	<b>1,31</b>	<b>0,18</b>	

na - número de alelos observados; ne - número de alelos efetivos (Kimura e Crow, 1964); h – diversidade genética de Nei, 1973

Os coeficientes de similaridade obtidos variaram de 0,0363 a 0,0936, sendo o menor valor observado entre os indivíduos provenientes dos municípios de Coruripe e Santana do Mundaú. O maior valor para os indivíduos provenientes dos municípios de Santana do Mundaú e São José da Laje. As populações apresentaram média de similaridade igual a 39,13% para Coruripe, 47,83% para São José da Laje e 34,78% para Santana do Mundaú. Os altos valores de similaridade genética, obtidos dentro das populações e entre as populações, denotam que existe baixa variabilidade genética para *C. sordidus*. Ochieng (2001) encontrou uma diversidade alta ( $G_{ST} = 0,213$ ) entre insetos adultos de *C. sordidus* em 15 países tropicais produtores de banana. O número de imigrantes está demonstrado na tabela 4.

**Tabela 4.** Matriz da distância genética de Nei ( $G_{ST}$  – acima na diagonal) e número de imigrantes por geração ( $N_m$  – abaixo na diagonal)

	Coruripe	S. J. da Lage	Santana do Mundaú
Coruripe	-	0,0681	0,0363
São José da Lage	6,85	-	0,0936
Santana do Mundaú	13,27	4,84	-

A distância entre os municípios de Coruripe e Santana do Mundaú seja maior do que Santana do Mundaú e São José da Laje, as duas primeiras apresentam plantios comerciais mais estruturados, o que pode sugerir que

possa ter ocorrido troca de material de propagação. Embora os insetos apresentem asas funcionais, não há comprovação da dispersão através do vôo (GOLD et al., 2001). Gricio et al (2011) afirmam que a dispersão entre os campos distantes é causada pelo transporte de material vegetal infestados por ovos e larvas de *C. sordidus*. Segundo Da Guia (2007) e Adeal (2014), a fiscalização no estado de Alagoas é para o trânsito interestadual de produtos e subprodutos de origem animal e vegetal, não havendo registro sobre o comércio e transporte de mudas de um município ao outro.

A região do entorno de União dos Palmares, na década de 1970 foi a maior produtora de banana de Alagoas (IBGE, 1970; NUNES, 2013; IBGE, 2014), o que pode supor que houve disseminação de mudas infestadas por *C. sordidus*.

Santana do Mundaú faz parte, atualmente, do APL Fruticultura no Vale do Mundaú, juntamente com São José da Laje (CORREIA, 2014).

Em 2010, a produção de banana (cacho) em Coruripe, segundo o IBGE (2014a), foi de 338 toneladas, Santana do Mundaú com 2762 toneladas e São José da Laje com 1172 toneladas.

No ano de 2011, a produção de Coruripe teve uma leve diminuição para 312 toneladas e Santana do Mundaú e São José da Laje para 2430 e 1164 toneladas, respectivamente (IBGE, 2014a). No mesmo ano, foi iniciado o programa de distribuição de mudas (BARROS, 2011)

A produção de banana nos municípios de Coruripe, Santana do Mundaú e São José da Laje, em 2012, foi de 338, 1302 e 1326 toneladas, respectivamente. Nesse mesmo ano, a produção no município de Santana do Mundaú sofreu também com uma alta incidência de bactéria e nematóide (ASCOM SEAGRI, 2012).

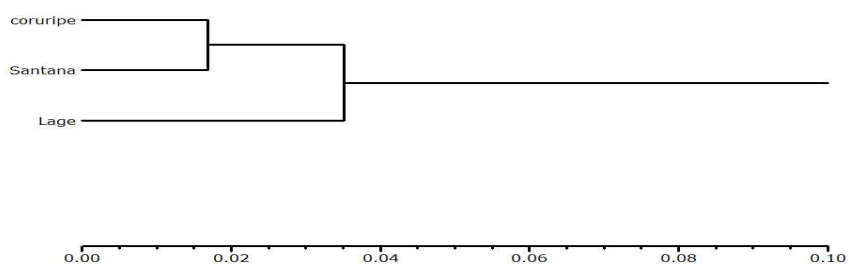
Cordeiro (2000) e Clifford et al (2001) sugere que o uso de mudas provenientes de cultura de tecidos possa evitar a dispersão do *C. sordidus*, embora adultos dos insetos possa infestar a propriedade vindas de plantações próximas. A dispersão do inseto se dá por meio do uso de mudas infestadas pela praga contendo ovos e larvas em desenvolvimento (CORDEIRO, 2000; GRÍCIO et al., 2011; NOMURA et al., 2011; FANCELLI; ALVES, 2014).

Segundo Miranda (2005), a região norte do Estado apresenta elevação no relevo, onde evidencia a região de planalto. São José da Laje e Santana do

Mundaú encontram-se nessa região. Coruripe encontra ao sul do estado, onde o relevo predominante é a planície. Embora os municípios sejam de regiões com relevos distintos, aparentemente a variabilidade genética não tenha sofrido influência desse fator.

Os valores de similaridade genética foram usados na construção de um dendrograma pelo método UPGMA (Figura 19). De acordo com este agrupamento Coruripe e Santana do Mundaú formaram um grupo com similaridade genética maior do que o formado por este grupo e São José da Laje. Vilarinho et al. (2007) avaliaram e evidenciaram o uso de marcadores RAPD para o entendimento do grau de variabilidade genética dentro de uma população de bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman 1843 (Coleoptera: Curculionidae).

**Figura 19.** Dendrograma gerado a partir dos dados de dissimilaridade genética obtidos de RAPD de indivíduos de *C. sordidus* provenientes de três municípios do Estado de Alagoas (Coruripe, Santana do Mundaú e São José da Laje).



O dendrograma também revela que as populações de Santana do Mundaú e Coruripe, apresentaram maior proximidade genética entre si do que com a população de São José da Laje. Fato importante a ser ressaltado é a maior distância geográfica entre Santana do Mundaú e Coruripe em detrimento dos demais locais.

Tal fato possivelmente se deva ao fluxo de material propagativo da cultura da banana entre estas regiões e a ausência de programas de proteção e desenvolvimento fitotécnico e fitossanitário da cultura da Banana, até o momento.

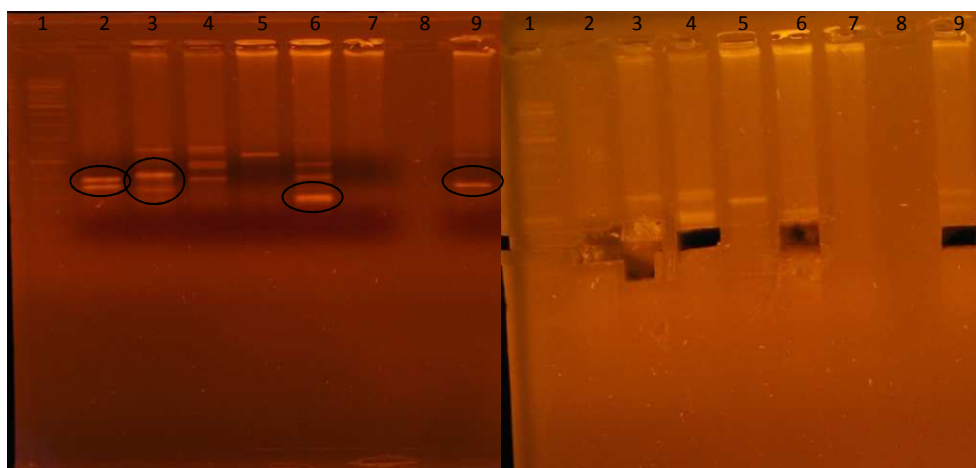


A técnica e o desenvolvimento de marcadores a partir dos padrões RAPD gerados, conforme os resultados obtidos no presente estudo mostraram-se como ferramenta para o monitoramento do fluxo desta espécie entre as áreas estratégicas, de produção da banana, como os APLs no estado de Alagoas. Portanto, auxiliando os órgãos de fiscalização no monitoramento e manejo do inseto.

No estudo de marcadores SCAR amplificou-se 16 bandas no total. Os primers OPA 16 e OPA 18 não amplificaram fragmento de DNA. Em relação aos primers OPA-01 e OPA-03, foram eluídas duas bandas de cada *primer*.

Foi eluído um total de seis bandas candidatas a marcadores SCAR (Figura 20).

**Figura 20** A= Gel de agarose a 1% corado com brometo de etídio (10mg/μL), visualizados em luz ultravioleta e fotodocumentados em sistema digital. Poço 1 e 10 (50 bp DNA ladder); poço 2 (OPA-01); poço 3 (OPA03); poço 4 (OPA07); poço 5 (OPA08); poço 6 (OPA09); poço 7 (OPA16); poço 8 (OPA18); poço 9 (OPA20) seta= bandas candidatas a marcadores SCAR. B= Gel de agarose a 1% corado com brometo de etídio (10mg/μL), visualizados em luz ultravioleta e fotodocumentados em sistema digital mostrando os espaços relativos a retirada das bandas candidatas a marcadores SCAR. Poço 1 e 10 (50 bp DNA ladder); poço 2 (OPA-01); poço 3 (OPA03); poço 4 (OPA07); poço 5 (OPA08); poço 6 (OPA09); poço 7 (OPA16); poço 8 (OPA18); poço 9 (OPA20).



As bandas eluídas foram classificadas como OPA-01-1, OPA-01-2, OPA-03-1, OPA-03-4, OPA-07-1, OPA-09-1, OPA-09-2 e OPA20-1 e sequenciadas e apresentaram 590, 794, 839, 863, 798, 907, 813 e 988 bp, respectivamente. Os primers construídos utilizando-se o programa Primer3 encontram-se na Tabela 5 e foram utilizados para validar os marcadores.

**Tabela 5.** Primers construídos a partir do programa Primer3 (UNTERGRASSER et al., 2012).

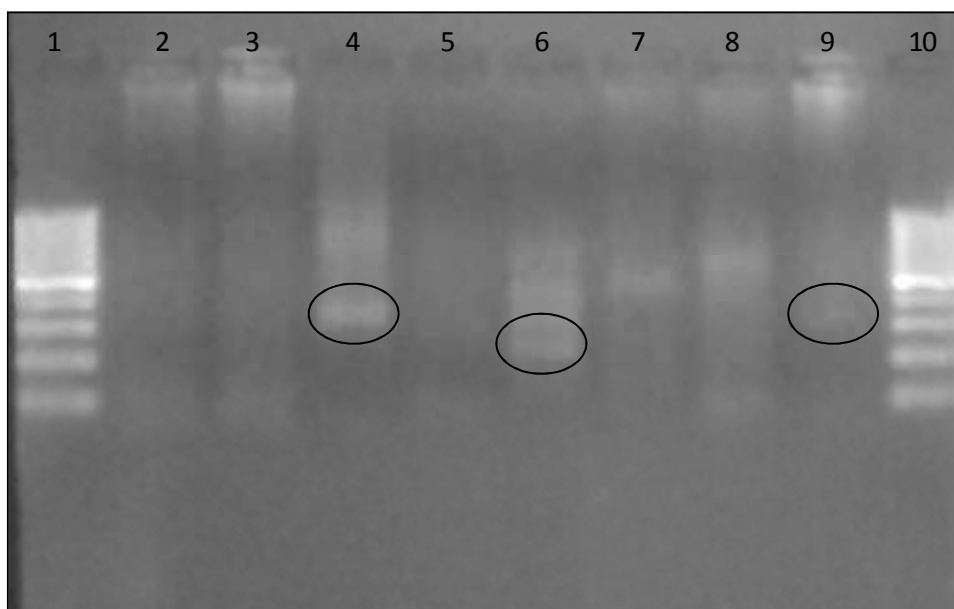
Primers	Foward	Reverse	Tm*	Fragmento esperado (bp)
OPA01-1	CAAGCATGATCACCTTGTGTT	CTAGCCTATGGGCAGAATGG	60	182
OPA01-2	ATCCGCACCGATTAATACTG	CCTTTTACCGGTCAGTGGA	60	159
OPA03-1	TCAAAGCGGTAAGCCTCTGT	CGTCCAATAAGCCTCCTGTC	60	249
OPA03-4	CCTCCCTCTGAGTCATCTCG	CCTGGACCACCTACGAAAAA	60	184
OPA07-1	TAGCCGGTCTCAGCTTGTTT	GTATGAGCGTTGTCCGGAAT	60	196
OPA09-1	GTAAAAACCCGCATCCAAAA	GTGAAACTCCGGTGTGGACT	60	235
OPA09-2	GTCCACCTTTGCGTATGGT	CGGCAGCACCCAGGTAATAAT	60	172
OPA20-1	CAGGCTTATCCCGAATTCAA	GATTGCCCGTTAGCGATTTA	60	171

\*Tm = temperatura de anelamento do primer

Dos oito primers testados, apenas o OPA-03-1, OPA-09-1 e OPA20-1 amplificaram três bandas no total, podendo ser utilizados como marcadores moleculares para o *C. sordidus* (Figura 10).

O resultado dos fragmentos seqüenciados pela Macrogen encontram-se nos anexos 15ao 22.

**Figura 21.** Gel de agarose a 1% corado com brometo de etídio (10mg/μL), visualizados em luz ultravioleta e fotodocumentados em sistema digital. Poço 1 e 10 (50 bp DNA ladder); poço 2 (OPA-01); poço 3 (OPA03); poço 4 (OPA07); poço 5 (OPA08); poço 6 (OPA09); poço 7 (OPA16); poço 8 (OPA18); poço 9 (OPA20) seta= fragmentos amplificados.



Carvalho et al (2003) citaram a importância do uso de marcadores que apresentam-se como variações dos marcadores RAPD, este sendo utilizado principalmente no início das etapas de diferenciação, em que sendo constatado

polimorfismo, os produtos são clonados e seqüenciados, e convertidos em primers mais longos e específicos.

Estudando o inseto *Bemisia tabaci*, Queiroz et al (2007) identificaram duas bandas de DNA presente em indivíduos susceptíveis, evidenciando o uso desse tipo de marcador na determinação do espectro de predadores e, possibilitando o seu uso em postos de fiscalização para detectar pragas.

He et al (2007) identificou a utilidade do marcador SCAR para diferenciar cinco espécies de moscas necrófagas.

A bioinformática pode ser aplicada na resolução de questões biológicas (NADAL, 2011). As ferramentas de bioinformática são importantes para organizar e disponibilizar os dados que facilite a interpretação e facilitando as tomadas de decisão (FORMIGHIERI, 2010).

O uso da ferramenta de busca local BLAST, na base de dados do NCBI foi evidenciado por Mambuscay et al (2013), onde obteve 38 seqüências alinhadas com o banco de dados auxiliando na identificação de leveduras nativas. Esta ferramenta também foi utilizada por Granados (2013) para buscar seqüências com alto nível de homologia para proteínas redundantes na análise do gene semissintético *CryAc*.

Utilizando a base de dados do NCBI, em relação ao *C. sordidus*, foram encontradas 12 entradas relacionadas com Proteínas (Protein), 16 entradas para Nucleotídeos (Nucleotide), 37 entradas para publicações na base de dados PubMed (PubMed + PubMed Central) e uma entrada para Taxonomia (Taxonomy).

As seqüências de proteínas, contidas no NCBI, relacionadas com o *C. sordidus* estão relacionadas com o fator de alongamento 1 alfa (10 entradas), citado por Roger et al (1998) como uma molécula utilizada como marcador filogenético de eucariotos e a citocromo c oxidase I (1 entrada), segundo Panarari et al (2011) utilizada com uma forma de diferenciação de espécies, e a seqüência parcial da enzima carboxipeptidase. Em relação ao resultado sobre as seqüências de nucleotídeos, apenas cinco entradas foram identificadas para *C. sordidus*. Em relação à ferramenta Taxonomy, foi

encontrada uma entrada, demonstrando em relação ao *C. sordidus* o nome comum, sinonímia, linhagem, além de fontes de informações externas.

Em Relação às sequências obtidas das bandas geradas por RAPD e sequenciadas na MacroGen, os resultados gerados através da ferramenta BLAST foram:

(I) Em relação à sequência da banda OPA01-1, não foi encontrada similaridade significativa;

(II) Em relação à sequência OPA01-2, não foi encontrada similaridade significativa;

(III) Em relação à sequência OPA03-1, foram encontradas 56 sequências alinhadas, com *score* máximo entre 86 a 180 e identidade variando de 72 a 77%. As sequências alinhadas estavam relacionadas com sequências do gene do RNA ribossomal 16S de bactérias;

(IV) Em relação à sequência OPA07-1, foram encontradas 22 sequências alinhadas (Figura 57), com *score* máximo entre 90 e 252 e identidade variando entre 75 e 87%. As sequências alinhadas estavam relacionadas com sequências do gene do RNA ribossomal 16S de bactérias.

(V) Em relação à sequência OPA09-1, não foi encontrada similaridade significativa;

(VI) Em relação à sequência OPA09-2, não foi encontrada similaridade significativa;

(VII) Em relação à sequência OPA18-1, foram encontradas 56 sequências alinhadas, com *score* máximo entre 440 e 488 e identidade variando entre 80 e 82%. As sequências alinhadas estavam relacionadas com sequências do gene do RNA ribossomal 16S de bactérias.

Alves et al (2011) evidenciaram a utilidade do programa pDRAW32 para escolher as enzimas de restrição e obter a quantidade de fragmentos gerados e seus respectivos tamanhos para auxiliar a identificação e caracterização de genes *vip* e *cry* coleóptero-específicos em isolados de *Bacillus thuringiensis* e

Bazoni (2006) fez a análise virtual do gene *vip3A* de *Bacillus thuringiensis*, selecionando uma enzima para obter a extremidade ligante do vetor ao qual o gene foi ligado.

O mapa de restrição e o gel virtual, gerados pelos programas, dos fragmentos OPA01-1, OPA01-2, OPA03-1, OPA03-4, OPA07-1, OPA09-1, OPA09-2 e OPA18-1 encontram-se nos anexos (Anexos 23 a 38). O Programa permitiu a tradução das sequências de DNA nos seis *frames*.

Calado (2005) evidenciou o uso do WebCutter2.0 na seleção de enzimas de restrição para auxiliar na análise de polimorfismo em *Anopheles cruzii* assim como Oliveira (2012), para seleção *in silico*, e posterior uso, de enzimas de restrição na detecção de contaminantes em cultivos celulares.

Através do uso do programa DNA for Windows foi possível calcular a porcentagem de GC em cada sequência. O Programa permitiu a tradução das sequências de DNA nos seis *frames*. Segundo Hurst; Merchant (2001), fragmentos contendo maior quantidade de GC são mais estáveis e que RNAs contendo mais GC em sua estrutura são mais bem adaptados a ambientes com temperatura mais elevada.

Samanta (2007) e Cammarano; Constantini; Bernardi (2009) avaliaram a importância da quantidade de GC em vertebrados e invertebrados, relacionando como um nível fundamental na organização do genoma, encontrou correlação entre a temperatura corporal e a quantidade de GC no genoma de insetos.

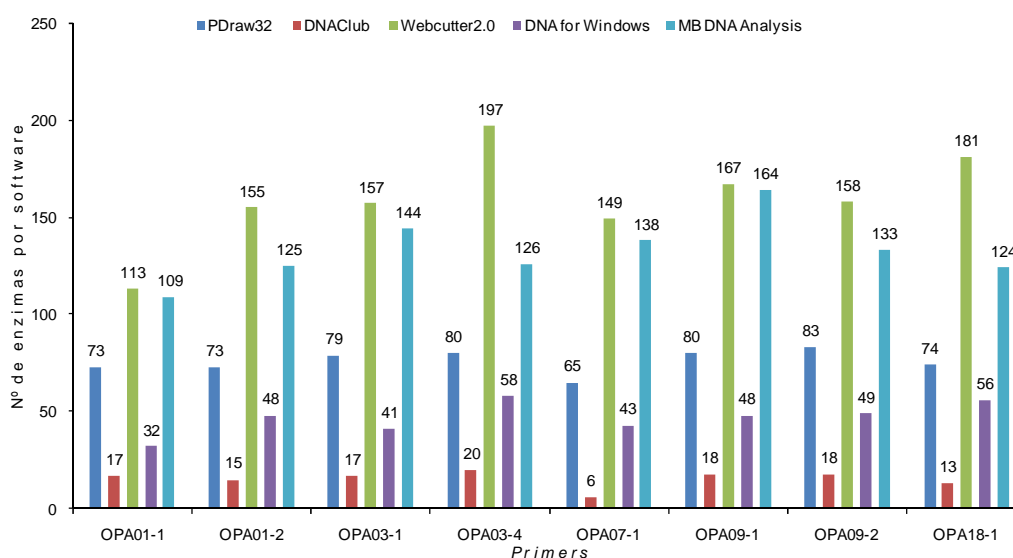
O programa MB DNA Analysis possibilitou identificar as enzimas de restrição que clivaram as sequências estudadas, assim como as sequências das possíveis ORF's, mapa de restrição, porcentagens dos nucleotídeos, ferramenta para desenhar primers e calcular o peso molecular.

Não foram encontradas SSR nas sequências geradas de RAPD utilizando os dois programas propostos.

O alinhamento das sequências geradas, por meio do programa ClustalW2, por RAPD das bandas eluídas, o resultado apresentou um score que variou entre 53,36 a 74,66%.

A quantidade de enzimas selecionadas pelos programas PDraw32, DNAClub, Webcutter2.0, DNA for Windows e MD DNA Analysis encontram-se na figura 22.

**Figura 22.** Número de enzimas de restrição aplicáveis à diferenciação genética entre populações de *Cosmopolites sordidus* obtidas a partir de seqüências geradas com base nos primers testados.

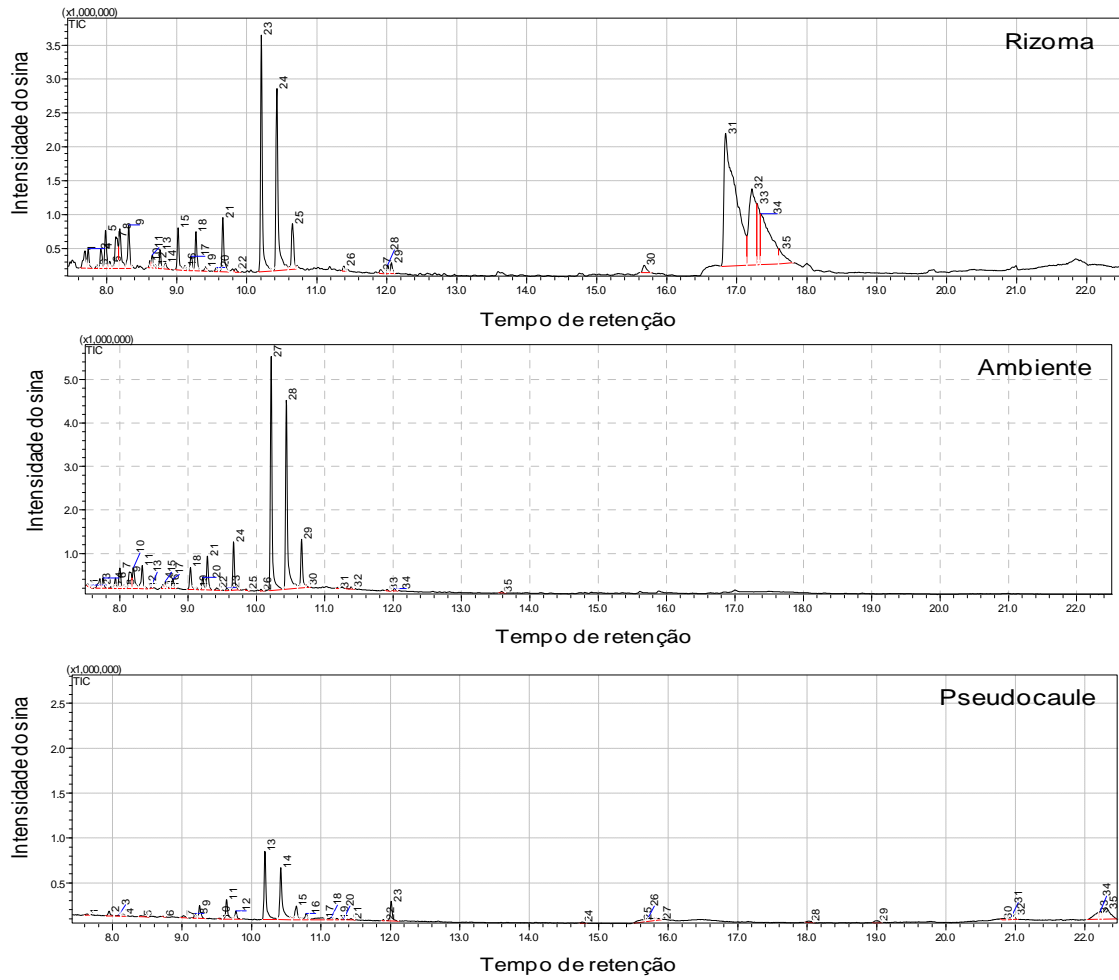


#### 4.2 Prospecção de cairomônios da atmosfera e de partes da planta banana variedade prata em agroecossistema bananal para manejo de *C. sordidus*

Foram observados, em cromatograma gerado a partir dos voláteis de pseudocaule, 35 compostos (Figura 23), dos quais nove compostos participam de sistemas de comunicação de insetos (Tabela 7). O composto 12 participa do sistema de comunicação química de *C. sordidus*.

No cromatograma proveniente do rizoma (Figura 23), 35 compostos foram identificados na fração volátil, dos quais sete participam de sistemas de comunicação de insetos. Os compostos 12, 29 e 34 fazem parte diretamente da comunicação química de *C. sordidus*.

**Figura 23.** Cromatogramas obtidos a partir de análise cromatográfica em GCMS-QP2010 Plus, da coleta de voláteis do rizoma, ambiente e pseudocaule.



**Tabela 6.** Compostos orgânicos voláteis de partes de planta de bananeira e de atmosfera do agrossistema de um bananal. Número do pico correspondente à numeração em cromatograma da figura 12. Rizoma (R); Ambiente (A); Pseudocaule (P); Sistema de Comunicação de Insetos (SCI); Tempo de Retenção (RT).

pico	TR	Composto	Descrição	SCI	R	A	P
1	7.687	(S)-(+)-6-Metil-1-octanol	Composto volátil emitido por <i>Serratia proteamaculans</i> (Ercolini et al, 2009)		X		
1	7.530	(S)-(+)-6-Metil-1-octanol	Composto volátil emitido por <i>Serratia proteamaculans</i> (Ercolini et al, 2009)			X	
1	7.634	3-metilciclopentanol	-				X
2	7736	1,3,5-trimetilciclohexano	-		X		
2	7565	4-Noneno	-			X	
2	7947	Etilbenzeno - (CAS) EB	Espécies utilizam o 1-Etilbenzeno no sistema de comunicação química; <i>Oryctolagus cuniculus</i> ; <i>Hypothenemus hampei</i> ; <i>actrocera oleae</i>	X			X
3	7855	1,2,4-trimetilciclohexano	Composto identificado através do estudo índice de retenção de hidrocarbonetos em cromatografia gasosa (Yin et al, 2001)		X		
3	7708	(S)-(+)-6-Metil-1-octanol	Composto volátil emitido por <i>Serratia proteamaculans</i> (Ercolini et al, 2009)			X	
3	8090	2-etil- 1-butanol (CAS)	-				X
4	7918	5,6-dimetildecano (CAS)	Composto identificado através do estudo índice de retenção de hidrocarbonetos em cromatografia gasosa (Widmer, 1967)		X		
4	7757	1,3,5-trimetilciclohexano	-			X	
4	8153	1,2-dimetilbenzeno (o-xileno)	Espécies utilizam o 1,2-Dimetilbenzeno no sistema de comunicação química. <i>Diaphanianitidalis</i> ; <i>Bactroceraoleae</i>	X			X
5	7982	Etilbenzeno	Espécies utilizam o 1,2-Dimetilbenzeno no sistema de comunicação química. <i>Diaphanianitidalis</i> ; <i>Bactroceraoleae</i>	X	X		
5	7875	1,2,4-trimetilciclohexano	Composto identificado através do estudo índice de retenção de hidrocarbonetos em cromatografia gasosa (Yin et al, 2001)			X	
5	8411	1-Hexanol (CAS) n-Hexanol	Composto de ação anestésica (Janes et al, 1992)				X
6	8043	2-butil-1-Octanol,	-		X		
6	7937	5,6-dimetildecano (CAS)	Composto identificado através do estudo índice de retenção de hidrocarbonetos em cromatografia gasosa (Widmer, 1967)			X	
6	8731	1,2-dimetilbenzeno (o-xileno)	Espécies utilizam o 1,2-Dimetilbenzeno no sistema de comunicação química. <i>Diaphanianitidalis</i> ; <i>Bactroceraoleae</i>	X			X
7	8128	4-metiloctano	-		X		
7	8002	Etilbenzeno	Espécies utilizam o 1-Etilbenzeno no sistema de comunicação química; <i>Oryctolagus cuniculus</i> ; <i>Hypothenemus hampei</i> ; <i>actrocera oleae</i>	X		X	
7	9026	1-metil-2,3-Dioxabicyclo [2.2.1] heptano,	-				X
8	8184	1,3-dimetilbenzeno, (CAS) m-Xileno	Espécies utilizam o 1,3-Dimetilbenzeno no sistema de comunicação química. <i>Ailuropodamelanoleuca</i> ; <i>Oryctolagus cuniculus</i> ; <i>Diaphanianitidalis</i>	X	X		
8	8060	5-metildecano, (CAS)	-			X	
8	9187	(propoximetil)- Oxirano	-				X
9	8314	3-metiloctano,	-		X		
9	8146	4-metiloctano	-			X	
9	9256	2-metil-3-Buten-2-ol - (CAS)	Espécies utilizam o 2-Metil-3-buten-2-ol no sistema de comunicação química. <i>Eremotesporcatus</i> ; <i>Phyllobiuspyri</i> ; <i>Rhynchaenus</i> ; <i>Pissodesharcyniae</i> ; <i>Otiorhynchusscaber</i> ; <i>Otiorhynchus</i> ; <i>Polydrusus pilosus</i> ; <i>Polydrusus undatus</i> ;	X			X
10	8615	1-metil-2-propilciclopentano - (CAS)	Crude oleic acid volatiles (Stern et al, 1985)		X		
10	8203	p-Xileno	Espécies utilizam 1,4-Dimetilbenzeno no sistema de comunicação química. <i>Diaphanianitidalis</i> ; <i>Bactroceraoleae</i> ;	X		X	



			Notoncusectatommoides				
10	9539	1-deuterio-trans-1,2-dihidroxiciclohexano	-				X
11	8649	1-Etil-4-metilciclohexano	Composto encontrado em Fracionamento de óleo mineral (Wang; Fingas; Li, 1994)		X		
11	8330	3-metiloctano	-			X	
11	9642	Ácido 3-Hidroxi-3-metilvalérico	-				X
12	8698	1-etil-4-metil-trans-ciclohexano (CAS)	Composto orgânico encontrado em água contida em poços de gás (Maguire-Boyle; Barron, 2014)		X		
12	8380	1,2-dimetilpropilciclohexano	-			X	
12	9774	Alfa-pineno	Espécies utilizam 2,6,6-Trimetilbicyclo[3.1.1]hept-2-ene no sistema de comunicação química; <b>Cosmopolites sordidus</b>	X			X
13	8760	1,2-dimetilbenzeno (o-xileno)	Espécies utilizam 1,2-Dimetilbenzeno no sistema de comunicação química. <b>Diaphanianitidalis; Bactroceraoleae</b>	X	X		
13	8453	1,2,3-trimetilciclohexano	-			X	
13	10192	1-etilbutilhidroperóxido,	-				X
14	8838	2,5-dimetil-2,5-hexanediol	Molécula utilizada com potencial tratamento da Síndrome da Retirada do Alcool – EWS (Ethanol Withdrawal Syndrome) (Hunt, 1980)		X		
14	8630	1-metil-2-propilciclohexano	Volátil proveniente de ácido oléico (Stern et al, 1985).			X	
14	10419	1-metilpentilhidroperóxido	-				X
15	9020	Nonano	-		X		
15	8664	1-Etil-4-metilciclohexano	Composto encontrado em Fracionamento de óleo mineral (Wang; Fingas; Li, 1994)			X	
15	10642	3-Hexen-2-ona (CAS) 1-Butenilmetilcetona	Composto emitido por plantas – Anaxagorea brevipes; Anaxagorea dolichocarpa; Duguetia asterotricha; Rollinia insignis; Xylopiia 48eptanes; Xylopiia benthamii				X
16	9117	1-Etil-4-metilciclohexano	Composto encontrado em Fracionamento de óleo mineral (Wang; Fingas; Li, 1994)		X		
16	8712	3,5-dimetil-3-heptano	-			X	
16	10789	6,6-dimetil-2-metilenobicyclo [3.1.1] heptano - (1S) = 1S beta-pinene	Espécies de plantas emitem (1S)-6,6-Dimetil-2-metilenobicyclo[3.1.1]16eptanes ( <i>Hypericum alpinum</i> ; <i>Hypericum barbatum</i> ; <i>Hypericum maculatum</i> ; <i>Hypericum perforatum</i> ; <i>Hypericum rumeliacum</i> (Karioti et al 2004; Rychlik; Schieberle; Grosch, 1998). Espécies utilizam (1S)-6,6-Dimetil-2-metilenobicyclo[3.1.1]48eptanes no sistema de comunicação química ( <i>Rhizophagus grandis</i> ; <i>Ceratosolen solmsi marchal</i> ; <i>Apriona swainsoni</i> ; <i>Anoplophora glabripennis</i> ; <i>Monochamus alternates</i> ; <i>Dendroctonus valens</i> ; <i>Dendroctonus valens</i> ; <i>Pityogenes chalcographus</i> ; <i>Eremostibes opacus</i> ; <i>Parastizopus armaticeps</i> ; <i>Temnochila chlorodia</i> ; <i>Sehirus cinctus cinctus</i> ; <i>Cydia strobilella</i> )	X			X
17	9206	2-hidroximetil-2,3,3-trimetil-oxirano	-		X		
17	8776	p-Xileno	Espécies utilizam 1,4-Dimetilbenzeno no sistema de comunicação química. <b>Diaphanianitidalis; Bactroceraoleae; Notoncusectatommoides</b>	X		X	
17	11030	6-Undecanona (CAS) di-n-amilcetona	Molécula precursora de voláteis espiroacetil, envolvida em mensagens intraespecífica de insetos (Booth; Kitching; Voss, 2009)				X
18	9273	2-hidroximetil-2,3,3-trimetil-oxirano	-		X		
18	9033	Nonano	-			X	
18	11145	2,2,4,6,6-pentametilheptano	-				X
19	9407	octahidro-1-metilpentaleno	-		X		

19	9129	1-Etil-4-metilciclohexano	Composto encontrado em Fracionamento de óleo mineral (Wang; Fingas; Li, 1994)			X	
19	11240	2-Hexin-1-ol (CAS)	-				X
20	9560	1-metiletilbenzeno (CAS) Isopropilbenzeno	Espécies de planta emitem (1-Metiletil)-benzeno ( <i>Cymbidium faberi</i> ; <i>Cymbidium virescens</i> ) (Kobaisy et al 2002; MacLeod; Ames, 1990; Adams, 1995; Couladis et al, 2001)		X		
20	9216	2-hidroxi-1,1,2-trimetiloxetano	-			X	
20	11325	5-metil-5-Hexen-2-ol	Espécies de plantas emitem 3-Metil-4-penten-1-ol ( <i>Sauromatum guttatum</i> )				X
21	9659	2-metil-1-propoxi-propano (CAS) isobutilpropiléter	-		X		
21	9283	2-hidroximetil-2,3,3-trimetil-oxirano	-			X	
22	9843	3-metilnonano	-		X		
22	9418	octahidro-1-metil-pentaleno	-			X	
22	11901	1-metil-2-(1-metiletil)-benzeno	-				X
23	10206	1-etilbutil Hidroperóxido	-		X		
23	9571	1-metiletilbenzeno - (CAS) Isopropilbenzeno	Espécies de plantas emitem (1-Metiletil)-benzeno ( <i>Cymbidium faberi</i> ; <i>Cymbidium virescens</i> ) (Kobayse et al 2002; MacLeod; Ames, 1990; Adams, 1995; Couladis et al, 2001)			X	
23	12009	Bornileno	Espécies utilizam 1,7,7-Trimetilbiciclo[2.2.1]hept-2-ene no sistema de comunicação química; <i>Atta bisphaerica</i> ; <i>Atta laevigata</i>	X			X
24	10429	1-metilpentilhidroperóxido	Composto volátil de óleo essencial de <i>Ajanía nubigena</i> (Wangchuk et al, 2013)		X		
24	9667	Ácido 3-Hidroxi-3-metilvalérico	-			X	
25	10652	4-metil- 3-Penten-2-ona (CAS) óxido de Mesitil	Composto constituinte de <i>Capsicum species</i> , <i>Osmanthus fragrans</i> (sweet osmanthus) and other plants		X		
25	9853	3,6-dimetiloctano	Composto orgânico volátil isolado de óleo essencial da parte aérea de <i>Salvia nemorosa</i> (Nadaf; Nasrabadi; Halimi, 2012)			X	
25	15610	Ácido metil ester 2-hidroxibenzoico (CAS) Metil salicilato	Espécies utilizam Metil Salicilato no sistema de comunicação química ( <i>Atrichelaphinistigrina</i> ; <i>Pachnodainterrupta</i> ; <i>Pachnodamarginata</i> ; <i>Platynusdorsalis</i> ; <i>Cotinisnitida</i> ; <i>Leptinotarsadecemlineata</i> ; <i>Pseudoxycheilatarsalis</i> ; <i>Coccinellaseptempunctata</i> ; <i>Coccinellaseptempunctata</i> ; <i>Stethoruspunctum picipes</i> ; <i>Falsomordellistenabihamata</i> ; <i>Oniticellusegregius</i> ; <i>Hylastinusobscurus</i> )	X			X
26	11388	3,5-dimetiloctano	-		X		
26	10065	1-metilhexilhidroperóxido	-			X	
26	15706	Ácido metil ester 2-hidroxibenzoico (CAS) Metil salicilato	Espécies utilizam Metil Salicilato no sistema de comunicação química ( <i>Atrichelaphinistigrina</i> ; <i>Pachnodainterrupta</i> ; <i>Pachnodamarginata</i> ; <i>Platynusdorsalis</i> ; <i>Cotinisnitida</i> ; <i>Leptinotarsadecemlineata</i> ; <i>Pseudoxycheilatarsalis</i> ; <i>Coccinellaseptempunctata</i> ; <i>Coccinellaseptempunctata</i> ; <i>Stethoruspunctum picipes</i> ; <i>Falsomordellistenabihamata</i> ; <i>Oniticellusegregius</i> ; <i>Hylastinusobscurus</i> )				X
27	11912	1,1-oxybisoctano - (dioctil eter)	-		X		
27	10214	1-etilbutilhidroperóxido	-			X	
27	15885	Ácido metil ester 2-hidroxibenzoico (CAS) Metil salicilato	Espécies utilizam Metil Salicilato no sistema de comunicação química ( <i>Atrichelaphinistigrina</i> ; <i>Pachnodainterrupta</i> ; <i>Pachnodamarginata</i> ; <i>Platynusdorsalis</i> ; <i>Cotinisnitida</i> ; <i>Leptinotarsadecemlineata</i> ; <i>Pseudoxycheilatarsalis</i> ; <i>Coccinellaseptempunctata</i> ; <i>Coccinellaseptempunctata</i> ; <i>Stethoruspunctum picipes</i> ;				X

			<i>Falsomordellistenabihamata</i> ; <i>Oniticellusegregius</i> ; <i>Hylastinusobscurus</i> )				
28	12016	l-limoneno; (R)-1-Metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexeno)	Species utilize (R)-1-Metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexeno in its chemical communication system ( <i>Dastarcushelophoroides</i> ; <i>Ardistomischaumii</i> ; <i>Ardistomissp</i> ; <i>Semiardistomispuncticollis</i> ; <i>Hylotrupesbajulus</i> ; <i>Aprionaswainsoni</i> ; <i>Anoplophoraglabripennis</i> ; <i>Monochamusurussovii</i> ; <i>Tetropiumcastaneum</i> ; <i>Tetropiumfuscum</i> ; <i>Dendroctonusarmandi</i> ; <i>Alphitobiusdiaperinus</i> ). Plant species emit (R)-1-Metil-4-(1-metiletenil)-ciclohexeno ( <i>Brassicacampestris</i> chinesis; <i>Dianthusarenarius</i> ; <i>Dianthusarmeria</i> ; <i>Dianthusbarbatus</i> ; <i>Dianthusdeltoides</i> ; <i>Saponariaofficinalis</i> )	X	X		
28	10437	Metil 2-metoxipropenoate	-				X
29	12069	Eucaliptol	Espécies de plantas emitem 1,3,3-Trimetil-2-oxabicyclo[2.2.2.]octano. Species utilize 1,3,3-Trimetil-2-oxabicyclo[2.2.2.]octano no sistema de comunicação química ( <i>Cosmopolites sordidus</i> ; <i>Dendroctonus frontalis</i> ; <i>Ardistomis chaumii</i> ; <i>Oxyops vitiosa</i> )	X	X		
29	10659	4-metil-3-penten-2-ona (CAS) Óxido de Mesitil	Composto constituinte de <i>Capsicum</i> species, <i>Osmanthus fragrans</i> (sweet osmanthus) and other plants				X
29	19005	Copaeno	Espécies utilizam 8-Isopropil-1,3-dimetil-triciclo[4.4.0.0(2,7)]dec-3-ene no sistema de comunicação química; <i>Bruchophagus roddi</i> ; <i>Agrilus planipennis</i> ; <b><i>Cosmopolites sordidus</i></b> ; <i>Scolytus intricatus</i> ; <i>Ceratitidis capitata</i> ; <i>Euceraaphis punctipennis</i> ; <i>Nannotrigona testaceicornis</i> ; <i>Plebeia droryana</i> ;	X			X
30	15676	1-4-etilfeniletanona	-			X	
30	10730	3,3-dimetilbutiloxirane (CAS) 1,2-epoxi-5,5-dimetilhexano	-				X
30	20800	Retinol	Vitamina A				X
31	16844	3-etilacetofenona	-			X	
31	11191	1,2,3-trimetilbenzeno (CAS) 1,2,3-Trimetilbenzeno	Espécies de planta emitem 1,2,3-Trimetilbenzeno ( <i>Dianthus arenarius</i> ; <i>Dianthus barbatus</i> ; <i>Dianthus deltoides</i> ; <i>Dianthus sylvestris</i> ; <i>Saponaria officinalis</i> ; <i>Silene chlorantha</i> ; <i>Silene dichotoma</i> ssp. <i>Racemosa</i> ; <i>Silene itálica</i> ; <i>Silene latifolia</i> ssp. <i>Alba</i> ; <i>Silene nutans</i> ; <i>Silene otites</i> ; <i>Silene saxifraga</i> ; <i>Silene sericea</i> ; <i>Silene subconica</i> ; <i>Silene succulenta</i> ; <i>Silene vallesia</i> ; <i>Silene viscosa</i> ; <i>Silene vulgaris</i> ); Leffingwell; Alford, 2005; Hierro; De La Horza; Ordonez, 2004; Alasalvar; Shahidi; Cadwallader, 2003; Gómez; Ledbetter; Hartsell, 1993)				X
31	20944	1,4-dibutoxibutano	-				X
32	17215	1-4-etilfeniletanona (CAS) p-Etilacetofenona	Espécies de planta emitem 1-(4-Eetilfenil)-etanona ( <i>Trifoliumrepens</i> ; <i>Ficuscarica</i> ; <i>Crataegusmonogyna</i> ; <i>Rubusidaeus</i> ) (Xu et AL, 2003)			X	
32	11391	3,5-dimetiloctano	-				X
33	17295	2,4-dimetilfenil-1 etanona	-			X	
33	11912	Ácido 2-etil hexil nonil ester oxalico	-				X
34	17345	1-(4-etilfenil)-etanona (CAS) p-Etilacetofenona	Espécies de planta emitem 1-(4-Eetilfenil)-etanona ( <i>Trifoliumrepens</i> ; <i>Ficuscarica</i> ; <i>Crataegusmonogyna</i> ; <i>Rubusidaeus</i> ) (Xu et AL, 2003)			X	

34	12020	D-Limoneno	Espécies de planta emitem 1-Metil-4-(1-metilethenyl)-ciclohexene ( <b>Musasp</b> ). Species utilize 1-Metil-4-(1-metilethenyl)-ciclohexene no sistema de comunicação química ( <b>Cosmopolites sordidus</b> ; <i>Hylobius abietis</i> ; <i>Hylobius pales</i> ; <i>Smicronyx fulvus</i> ; <i>Anthonomus grandis</i> )	X		X	
35	17610	Ácido 3,4-dimetil-gamma-oxo-benzenobutanoico	-			X	
35	13585	Undecano	Espécies de planta emitem Undecane. Species utilize Undecane in its chemical communication system			X	

Dentre as substâncias detectou-se que 18 participam de sistemas de comunicação de insetos.

Ao analisar a similaridade de compostos entre as partes da planta observou-se que Cinco destes também encontram-se no rizoma (Tabela 10).

**Tabela 7.** Compostos obtidos em CG-EM presentes no Ambiente, Pseudocaule e Rizoma que participam do sistema de comunicação de insetos. Número do pico correspondente à numeração em cromatograma da figura 12. Rizoma (R); Ambiente (A); Pseudocaule (P); Sistema de Comunicação de Insetos (SCI); Tempo de Retenção (RT).

Pico	TR	Composto	Descrição	SCI	R	A	P
2	7947	etilbenzeno (CAS) EB	Espécies utilizam o 1-Etilbenzeno no sistema de comunicação química; <i>Oryctolagus cuniculus</i> ; <i>Hypothenemus hampei</i> ; <i>actrocera oleae</i>	X			X
4	8153	1,2-dimetilbenzeno (o-xileno)	Espécies utilizam o 1,2-Dimetilbenzeno no sistema de comunicação química. <i>Diaphanianitidalis</i> ; <i>Bactroceraoleae</i>	X			X
5	7982	Etilbenzeno	Espécies utilizam o 1-Etilbenzeno no sistema de comunicação química; <i>Oryctolagus cuniculus</i> ; <i>Hypothenemus hampei</i> ; <i>actrocera oleae</i>	X	X		
6	8731	1,2-dimetilbenzeno (o-xileno)	Espécies utilizam o 1,2-Dimetilbenzeno no sistema de comunicação química. <i>Diaphanianitidalis</i> ; <i>Bactroceraoleae</i>	X			X
7	8002	Etilbenzeno	Espécies utilizam o 1-Etilbenzeno no sistema de comunicação química; <i>Oryctolagus cuniculus</i> ; <i>Hypothenemus hampei</i> ; <i>actrocera oleae</i>	X		X	
8	8184	1,3-dimetil-benzeno (CAS) m-Xileno	Espécies utilizam o 1,3-Dimetilbenzeno no sistema de comunicação química. <i>Ailuropodamelanoleuca</i> ; <i>Oryctolagus cuniculus</i> ; <i>Diaphanianitidalis</i>	X	X		
9	9256	3-Buten-2-ol, 2-metil- (CAS) 2-metil-3-buten-2-ol	Espécies utilizam o 2-Metil-3-buten-2-ol no sistema de comunicação química. <i>Eremotesporcatus</i> ; <i>Phyllobiuspyri</i> ; <i>Rhynchaenuspp</i> ; <i>Pissodesharcyniae</i> ; <i>Otiorynchusscaber</i> ; <i>Otiorynchusspp</i> ; <i>Polydrusus pilosus</i> ; <i>Polydrusus undatus</i> ;	X			X
10	8203	p-Xileno	Espécies utilizam 1,4-Dimetilbenzeno no sistema de comunicação química. <i>Diaphanianitidalis</i> ; <i>Bactroceraoleae</i> ; <i>Notoncusectatommoides</i>	X		X	
12	9774	alfa-pineno	Espécies utilizam 2,6,6-Trimetilbicyclo[3.1.1]hept-2-ene no sistema de comunicação química; <b>Cosmopolites sordidus</b>	X			X
13	8760	1,2-dimetilbenzeno (o-xileno)	Espécies utilizam 1,2-Dimetilbenzeno no	X	X		

			sistema de comunicação química. <u>Diaphaniantidalis; Bactroceraoleae</u>				
16	10789	1S beta-pineno	Espécies de plantas emitem (1S)-6,6-Dimetil-2-metilenebicyclo[3.1.1]heptanes ( <i>Hypericum alpinum; Hypericum barbatum; Hypericum maculatum; Hypericum perforatum; Hypericum rumeliacum</i> (Karioti et al 2004; Rychlik; Schieberle; Grosch, 1998). Espécies utilizam (1S)-6,6-Dimetil-2-metilenebicyclo[3.1.1]heptanes no sistema de comunicação química ( <i>Rhizophagus grandis; Ceratosolen solmsi marchal; Apriona swainsoni; Anoplophora glabripennis; Monochamus alternates; Dendroctonus valens; Dendroctonus valens; Pityogenes chalcographus; Eremostibes opacus; Parastizopus armaticeps; Temnochila chlorodia; Sehirus cinctus cinctus; Cydia strobilella</i> )	X			X
17	8776	p-Xileno	Espécies utilizam 1,4-Dimetilbenzeno no sistema de comunicação química. <u>Diaphaniantidalis; Bactroceraoleae; Notoncusectatomoides</u>	X		X	
23	12009	Bornileno	Espécies utilizam 1,7,7-Trimetilbicyclo[2.2.1]hept-2-ene no sistema de comunicação química; <u>Atta bisphaerica; Atta laevigata</u>	X			X
25	15610	Ácido 2-hidroxi-metil ester benzoico (CAS) Metil salicilato	Espécies utilizam Metil Salicilato no sistema de comunicação química ( <i>Atrichelaphinistigrina; Pachnodainterrupta; Pachnodamarginata; Platynusdorsalis; Cotinisnitida; Leptinotarsadecemlineata; Pseudoxycheilatarsalis; Coccinellaseptempunctata; Coccinellaseptempunctata; Stethoruspunctum picipes; Falsomordellistenabihamata; Oniticellusegregius; Hylastinusobscurus</i> )	X			X
28	12016	l-limoneno (R)-1-Metil-4-(1-metiletenyl)-ciclohexeno	Species utilize (R)-1-Metil-4-(1-metiletenyl)-ciclohexene in its chemical communication system ( <i>Dastarcushelophoroides; Ardistomisschaumii; Ardistomissp; Semiardistomispuncticollis; Hylotrupesbajulus; Aprionaswainsoni; Anoplophoraqlabripennis; Monochamusurussovii; Tetropiumcastaneum; Tetropiumfuscum; Dendroctonusarmandi; Alphitobiusdiaperinus</i> ). Plant species emit (R)-1-Metil-4-(1-metiletenyl)-ciclohexene ( <i>Brassicacampestris chinensis; Dianthusarenarius; Dianthusarmeria; Dianthusbarbatus; Dianthusdeltoides; Saponariaofficinalis</i> )  Espécies utilizam (R)-1-Metil-4-(1-metiletenyl)-ciclohexeno no sistema de comunicação química ( <i>Dastarcushelophoroides; Ardistomisschaumii; Ardistomissp; Semiardistomispuncticollis; Hylotrupesbajulus; Aprionaswainsoni; Anoplophoraqlabripennis; Monochamusurussovii; Tetropiumcastaneum; Tetropiumfuscum; Dendroctonusarmandi;</i>	X	X		

			<i>Alphitobius diaperinus</i> ). Espécies de plantas emitem (R)-1-Metil-4-(1-metilethenyl)-ciclohexene ( <i>Brassicacampestris</i> chinensis; <i>Dianthusarenarius</i> ; <i>Dianthusarmeria</i> ; <i>Dianthusbarbatus</i> ; <i>Dianthusdeltoides</i> ; <i>Saponariaofficinalis</i> )				
29	12069	Eucalyptol	Espécies de plantas emitem 1,3,3-Trimetil-2-oxabicyclo[2.2.2]octano. Species utilize 1,3,3-Trimetil-2-oxabicyclo[2.2.2]octano no sistema de comunicação química ( <b>Cosmopolites sordidus</b> ; <i>Dendroctonusfrontalis</i> ; <i>Ardistomisschaumii</i> ; <i>Oxyopsvitiosa</i> )	X	X		
29	19005	Copaene	Espécies utilizam 8-Isopropil-1,3-dimetil-triciclo[4.4.0.0(2,7)]dec-3-ene no sistema de comunicação química; <i>Bruchophagus roddi</i> ; <i>Agrilus planipennis</i> ; <b>Cosmopolites sordidus</b> ; <i>Scolytus intricatus</i> ; <i>Ceratitis capitata</i> ; <i>Euceraaphis punctipennis</i> ; <i>Nannotrigona testaceicornis</i> ; <i>Plebeia droryana</i> ;	X			X
34	12020	D-Limoneno	Espécies de planta emitem 1-Metil-4-(1-metilethenyl)-ciclohexene ( <b>Musasp</b> ). Species utilize 1-Metil-4-(1-metilethenyl)-ciclohexene no sistema de comunicação química ( <b>Cosmopolites sordidus</b> ; <i>Hylobiusabietis</i> ; <i>Hylobiuspales</i> ; <i>Smicronyxfulvus</i> ; <i>Anthonomusgrandis</i> )	X			X

Nenhum dos compostos encontrados por Facundo et al (2012), estudando a variedade Terra, foi encontrado no campo. O composto 1-hexanol encontrado em voláteis frutas dessa variedade não foi observado na propriedade, apesar de frutas recém-cortadas estarem presentes. Os compostos encontrados por Perez et al (1997) e Wang et al (2007) evidenciaram o trabalho de Facundo et al (2012).

Foi encontrado o composto 1,8-cineole, com tempo de retenção de 12.068 em extratos de rizoma. Ndiege et al (1996) encontraram os compostos 1,8-cineole, como um componente ativo de voláteis de banana susceptíveis ao *C. sordidus*, e para as bananas resistentes, o composto  $\beta$ -Phellandrene, o qual apresentou atividade eletrofisiológica, mas não demonstrou atratividade ao inseto.

Voláteis de rizoma e pseudocaule de banana, estudados por Budenberg et al (1993) e Budenberg; Ndiege (1991), em olfatômetro, atraíram

machos e fêmeas de *C. sordidus*, embora não tenha ocorrido distinção entre os voláteis de plantas susceptíveis e resistentes, nesta atração. Em relação ao estágio de maturação Brat et al (2004) não encontrou diferença significativa entre os voláteis produzidos.

No presente trabalho foram identificadas os compostos  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene,  $\alpha$ -copaene, limoneno,  $\alpha$ -cubebeno e  $\alpha$ -copaeno. Fato também observado por Ndiege (1991). Esse autor identificou  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno,  $\beta$ -mirceno, limoneno,  $\alpha$ -cubebeno,  $\alpha$ -copaeno,  $\alpha$ -cedreno,  $\beta$ -cariofilleno e  $\alpha$ -humuleno como voláteis de pseudocaule de banana. Os outros compostos observados por esse autor não foram identificados.

Na África do Sul, o uso de armadilhas utilizando pedaços do pseudocaule demonstrou ser mais oneroso, por haver necessidade de substituição do atrativo cinco vezes mais, para equivaler ao uso do feromônio, em comparação com o feromônio sintético, que mostrou potencial como técnica de captura e monitoramento econômico de *C. sordidus* (GRAAF et al., 2005). Tinzaara (2005) destaca a eficiência do feromônio sintético na captura do *C. sordidus*.

Os resultados encontrados por Tinzaara et al (2007) corroboraram com os resultados encontrados neste trabalho, evidenciando o uso de feromônios no controle e monitoramento do inseto.

No rizoma, foi identificado o composto Copaeno (8-Isopropil-1,3-dimetil-triciclo[4.4.0.0(2,7)]dec-3-ene), extraído através do processo de aeração do rizoma e participa do sistema de comunicação química de *C. sordidus*. Este mesmo composto também foi encontrado em pseudocaule, por Hassanali et al (1991).

Os compostos  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, eucalipitol, copaeno e limoneno foram identificados nas frações voláteis do ambiente, rizoma e pseudocaule como compostos envolvidos em sistema de comunicação química de *C. sordidus* sendo limoneno um composto emitido por *Musa* spp.  $\alpha$ -pinene foi coletado por Facundo et al. (2012) em cultivar nanição. Ryan (2002) evidenciou a relevância

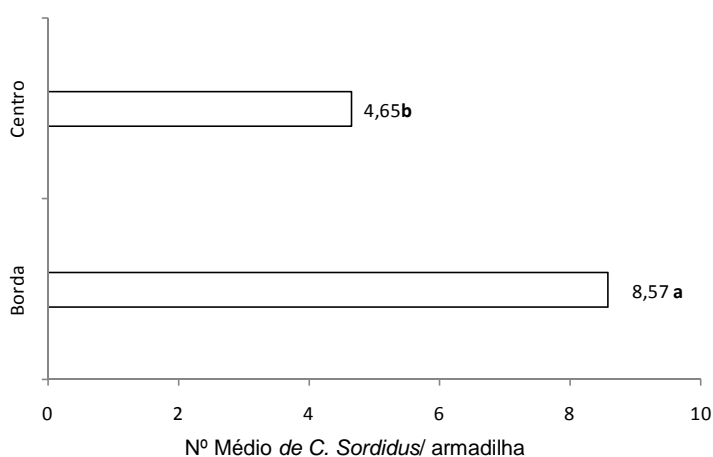
de três caimônios importantes para a captura de coleópteros como  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene e  $\alpha$ -cubene.

### 4.3 Estudo da eficiência de diferentes concentrações de sordidina e de posição da armadilha em campo para manejo de *C. sordidus*.

Foi coletado um total de 8849 insetos de *C. sordidus*.

Não foi identificada interação significativa entre as doses e a posição das armadilhas, mas foi identificado efeito significativo da posição independente da dose, detectando-se diferença significativa entre borda e centro do talhão (Figura 24). Arioli et al (2013) evidencia a importância da instalação de armadilhas com feromônios nas bordas dos talhões para evitar a entrada e contenção dos insetos de outras áreas.

**Figura 24.** Captura de *C. sordidus* em função da posição das armadilhas de monitoramento de *Cosmopolites sordidus*. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,003$ ).

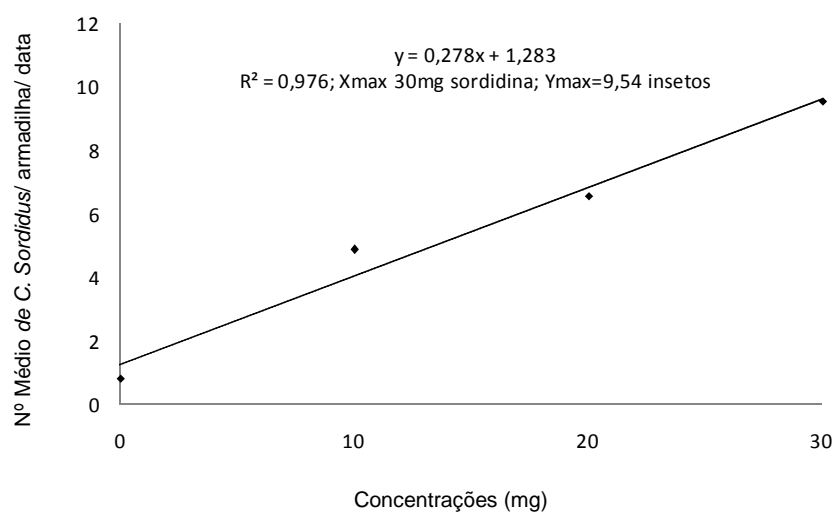


A quantidade de insetos capturados por armadilha mostrou-se dose-dependente aumentando linearmente até a dose máxima testada (30mg) capturando em média 9,54 insetos por armadilha em nove coletas (Figura 25).



Segundo Jackson; Bohac (2006) não é incomum apresentar flutuações na quantidade de insetos capturados em coletas semanais.

**Figura. 25.** Efeito da dose de sordidina por armadilha na captura de *C. sordidus* na cultura da Banana. Fazenda Bonsucesso, Coruripe, Al. Equações significativas pelo teste F ( $P < 0,0001$ ).



O efeito de concentração de feromônios na captura de insetos está relacionado à eficiência de dispersão ou liberação deste no meio ambiente (BOARETTO; BRANDÃO, 2000; ARIOLI et al, 2013), bem como da afinidade das sensilas das antenas à molécula e a concentração (MORAES, 2008). Outro fator importante é relação entre as proporções de feromônios/cairomônios na mistura e ambos em função do veículo utilizado (BOARETTO; BRANDÃO, 2000).

O acetato de isoamila, segundo Shen et al (2011), é um cairomônio produzido pela banana. Mendonça et al (1999) observaram que a presença desse cairomônio exerce influência positiva na atração de insetos de *C. sordidus*, sendo estes muito importantes nessa comunicação química.

O veículo utilizado no presente estudo foi o óleo mineral. O óleo mineral interage fisicamente com as moléculas ativas promovendo efeito protetor a umidade e oxigênio. O óleo também afeta a taxa de liberação e a quantidade

em função das condições ambientais, como temperatura e exposição solar uma vez que o distanciamento entre suas moléculas devido à viscosidade.

O manejo integrado de *C. sordidus* recomenda a utilização de armadilhas por toda a área cultivada espaçadas em 10 metros entre si (TINZAARA, 2005). Alpizar et al (2012) evidenciam a importância econômica da utilização de mistura feromonal em relação aos agroquímicos, citando que o custo por ano por hectare com agrotóxicos é de aproximadamente US\$ 4240,00, enquanto que a mistura feromonal custa aproximadamente US\$ 185,00 por hectare por ano.

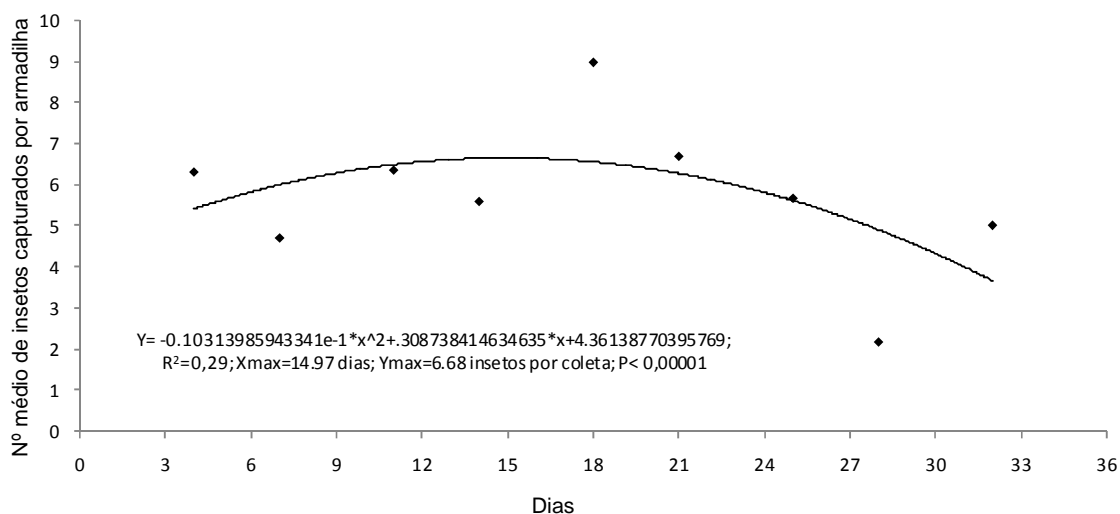
A quantidade de insetos por armadilha foi superior ao mínimo indicado para efetuar o controle em campo segundo Moreira et al (2008) e o oposto foi observado por Lins et al (2008). Não foi encontrada relação entre a temperatura e umidade com a quantidade de insetos capturados nos seis tratamentos, diferente de Graaf (2006) e Moreira et al (2008) que encontraram uma relação negativa em relação à temperatura e positiva em relação à umidade.

Tinzaara (2005) observou que a umidade relativa afetou positivamente a captura dos insetos, enquanto que a temperatura não teve efeito. Segundo Graaf et al (2005), o número de *C. sordidus* é também influenciado pela quantidade de predadores em uma área e a variação na densidade dos adultos pode afetar as taxas de oviposição e as prováveis influências da taxa de migração o que pode explicar a diferença do número de insetos nas diferentes armadilhas.

Entre 25 e 28 dias de coleta foi observada uma diminuição de coleta e ocorrência de precipitação na área de estudo, observando-se resultado contrário em relação aos estudos feitos por Tinzaara et al (2005) Tinzaara (2008).

Observando-se o número de insetos por armadilha independente da concentração de sordidina e óleo mineral, foi demonstrado que o pico de coleta deu-se aos 14,97 dias, capturando 6,68 insetos por armadilha (Figura 26).

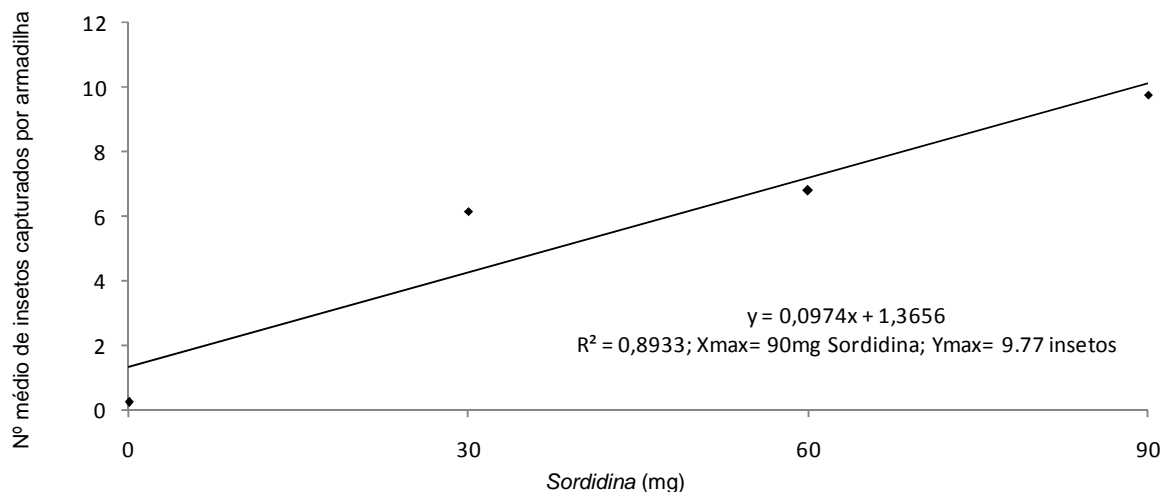
**Figura 26.** Número de insetos coletados por armadilha independente da concentração de óleo ou sordidina no tempo. Equação significativa pelo teste F ( $P < 0,0002$ ).



Mesquita et al (2003) e Santos (2011) não observou diminuição da captura de Insetos adultos de *C. sordidus* em relação ao desgaste natural das iscas, diferente dos dados apresentados na figura 26.

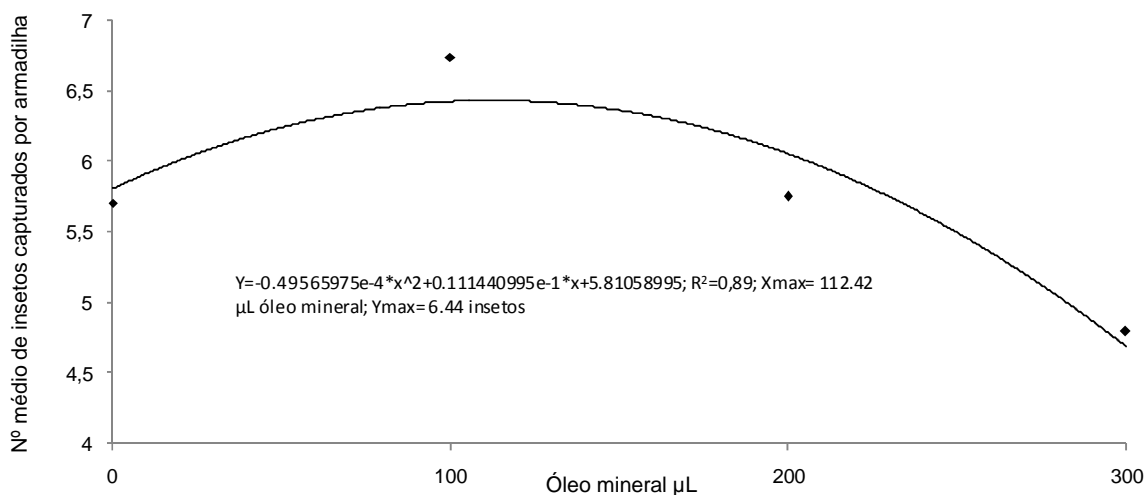
Em relação ao número de insetos coletados por armadilhas, levando em consideração a concentração de sordidina (Figura 27), a dose máxima atraiu 9,77 insetos por armadilha, que segundo Nunes (2003) o coeficiente de difusão de um gás depende da densidade numérica do mesmo.

**Figura 27.** Número de insetos coletados por armadilha em função dose de sordidina independente do tempo e dose de óleo mineral. Equação significativa pelo teste F ( $P < 0,002$ ).



Foram coletados 6,44 insetos com a concentração de 112,42 $\mu$ L de óleo mineral. À medida que foi aumentada a concentração do óleo, a captura do inseto se tornou menos eficiente (Figura 28).

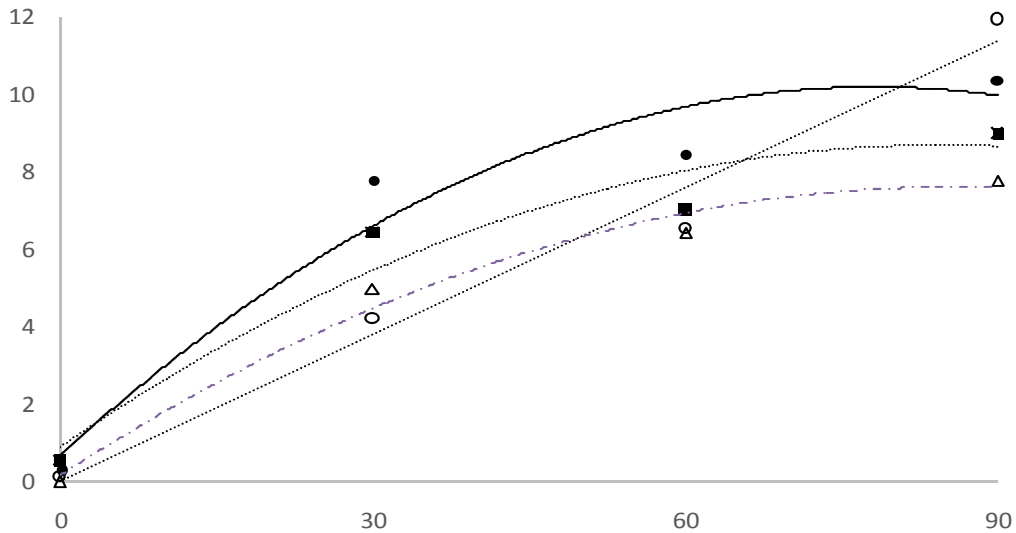
**Figura 28.** Numero de insetos coletados por armadilha em função dose de óleo mineral independente do tempo e dose de sordidina. Equação significativa pelo teste F ( $P < 0,0003$ ).



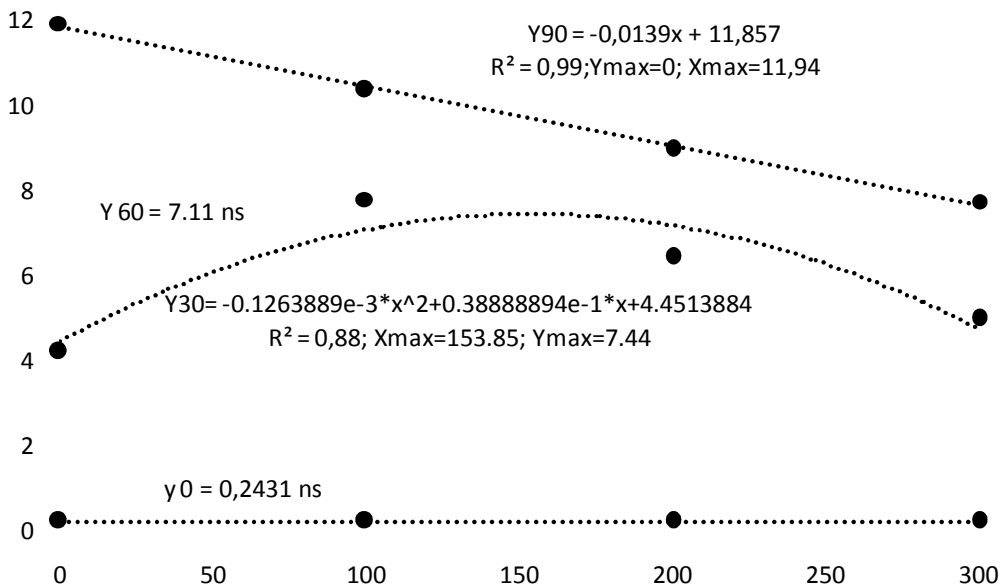
Segundo Brunette (2008) quando a concentração de um fluido é aumentada aplica-se a Lei de Darcy onde a compressibilidade dos gases apresentando comportamento em que o fluxo volumétrico assim como a densidade do gás, sejam variáveis de uma extremidade ao outro da coluna de material. Em relação a uma área da coluna, segundo o princípio da continuidade, o regime permanente o fluxo de massa de gases apresenta-se constante.

Ao analisar a interação entre dose de óleo e de sordidina com a coleta de insetos no tempo detectou interação significativa entre os tratamentos Figuras 29 e 30.

**Figura 29.** Número de insetos coletados por armadilha. Sordidina em função da dose de óleo mineral. Círculo= 0µL de óleo mineral; Triângulo= 300 µL de óleo mineral; Quadrado= 200 µL de óleo mineral e Círculo preto= 100 µL de óleo mineral.



**Figura 30.** Número de insetos coletados por armadilha. Óleo em função da dose de sordidina. Círculo= 0µL de óleo mineral; Triângulo= 300 µL de óleo mineral; Quadrado= 200 µL de óleo mineral e Círculo preto= 100 µL de óleo mineral.



**Tabela 8.** Modelos matemáticos para captura de *Cosmopolites sordidus* em diferentes concentrações de sordidina para cada quantidade de óleo adicionada à isca.

óleo µL	Modelos matemáticos	R <sup>2</sup>	Sordidina (mg)	Nº de insetos
			X <sub>Máx</sub>	Y <sub>Máx</sub>
0	Y0 = 0,126x + 0,0375	0,98	90	11.94
100	Y100= -0.155864175e-2*x^2+0.243333313833333*x+0.695833315000001	0,88	78.06	10,19
200	Y200 = -0.108796316666667e-2*x^2+0.184120385666667*x+0.891666770000002	0,91	84.62	8.68
300	Y300 =-0.101466027777778e-2*x^2+.173773128333333*x+.171527850000001;	0,98	85.63	7.61

\* Equações significativas a P<0,05 pelo teste F.

O local do experimento apresentou nível de dano acima do estabelecido por Gallo et al (2002), que determinou para *C. sordidus* de 5 insetos adultos/isca/mês, observando o número de insetos coletados por armadilha e as interações tempo/óleo/sordidina, mesmo fazendo uso de controle biológico com *Beauveria bassiana*. Santos (2011) obteve resultado semelhante avaliando o efeito da presença de sordidina na captura do inseto.

Fancelli (1999) constatou que o excesso de cobertura morta favorece a proliferação do *C. sordidus*, situação também observada na área do experimento. Masanza (2003) e Ambrogi (2009) evidenciaram a importância da sanitização do bananal para evitar novas infestações do inseto.

## 5 Conclusões

1. Foi detectada variabilidade genética intra e inter-populacional de *C. sordidus*.
2. Os primers OPA-04, OPA-09 e OPA-20 podem ser utilizados para definir marcadores RAPD-SCAR para *C. sordidus*
3. Foram observados metabolitos com funcionalidade na interação inseto/planta e potencial aplicação como cairomônios para manejo do *C. sordidus*, como o  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, copaeno, 1,8-cineole, eucaliptol e limoneno.
4. A mistura feromonal mais eficiente foi 78,06 mg de sordidina + 100,8  $\mu$ L de óleo mineral e 700  $\mu$ L de acetato de isoamila.

## 6 Perspectivas

1. Os resultados da genética populacional variabilidade na diversidade proteômica e metabolômica nas populações, em especial a relacionada aos sistemas de comunicação química inseto/inseto e inseto/planta.
2. A utilização do marcador RAPD-SCAR contribui para o entendimento da diversidade genética entre e dentro das populações de *C. sordidus*, podendo proporcionar um melhor conhecimento da estrutura de populações do *C. sordidus*, podendo futuramente, ter utilização como ferramenta para o monitoramento e controle da praga e melhor conhecimento de sua evolução, dispersão e manejo fitossanitário.
3. Os compostos  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, copaeno, 1,8-cineole, eucaliptol e limoneno podem ser adicionados à mistura feromonal objetivando o aumento da captura e eficiência de monitoramento de *C. sordidus*.



## 7 Referências

ADAMS, R.P. 1995. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. **Allured Publishing Corporation**, Carol Stream, IL.

ADEAL. **Institucional**. Disponível em:

<<http://www.defesaagropecuaria.al.gov.br/institucional>>. Acesso em: 29/06/2014.

ALPIZAR, D.; FALLAS, M.; OEHLSCHLAGER, A. C.; GONZALEZ, L. M. Management of *Cosmopolites sordidus* and *Metamasius hemipterus* in banana by pheromone-based mass trapping. **Journal of Chemical Ecology** (Impact Factor: 2.46). 03/2012; 38(3):245-52.

AMBROGI, B. G. **Feromônio de agregação de *Sternechus subsignatus* Boheman, 1836 (Coleoptera: Curculionidae): Evidência, identificação estrutural e avaliação da atividade comportamental**. Tese. UFPR. 103p. 2009.

ARIOLI, C. J.; BOTTON, M.; MAFRA-NETO, A.; MOLINARI, F.; BORGES, R.; PASTORI, P. L. Feromônios sexuais no manejo de insetos-praga na fruticultura de clima temperado. **Epagri – Boletim Técnico**. n. 159. 2013.

ASCOM SEAGRI. **Danos a bananeiras estão sendo causados por bactéria e nematóide**. Disponível em: <<http://www.agricultura.al.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/2012/janeiro/danos-a-bananeiras-estao-sendo-causados-por-bacteria-e-nematoide/?searchterm=banana>>. Acesso em: 29/06/2014. 2012.

AZEVEDO FILHO, W. S.; PRATES JÚNIOR, P. H. de S. Técnicas de coleta & identificação de insetos. **EDIPUCRS**. 2ed. Pp.56-57. 2005.

BAJWA, W. I.; KOGAN, M. **Compendium of IPM definitions (CID)**. IPPC. 19p. 2002.

BAKYALIRE, R. **A study of the life cycle and behaviour of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* Germar, in Uganda.** Unpublished M.Sc. thesis. Makerere University, 118 pp. 1992.

BANCO DO BRASIL. **Desenvolvimento Regional Sustentável: Série cadernos de proposta para atuação em cadeias produtivas.** v. 3 52p. 2010.

BARROS, D. **Curso capacita técnicos e transfere tecnologia para agricultores. Secretaria de Estado da Agricultura de Alagoas.** Disponível em: < <http://www.agricultura.al.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/2010/curso-capacita-tecnicos-e-transfere-tecnologia-para-agricultores/?searchterm=produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20banana>>. Acesso em: 29/06/2014. 2010.

BATISTA FILHO, A.; TAKADA, H. M.; CARVALHO, A. G. Broca das bananeiras. Palestra. In: **VI Reunião itinerante de fitossanidade do instituto biológico.** 8p. 2002.

BAZONI, M. O. **Clonagem, caracterização do gene vip3A de *Bacillus thurigiensis* e transformação de *Agrobacterium tumefaciens*.** Dissertação. Unesp. 50p. 2006.

BEAUCHAMP, G. K.; DOTY, R. L.; MOULTON, D. G.; MUGFORD, R. A. **The pheromone concept in mammalian chemical communication**, R. L. Doty, Editor, Mammalian olfaction, reproductive processes and behavior. Academic Press. pp.143-160. 1976.

BEAUHAIRE, L.; DUCROT, P.H.; MALOSSE, C.; ROCHAT, D.; NDIEGE, L. O.; OTIENO, D. O. Identification and synthesis of sordidin, a male pheromone emitted by *Cosmopolites sordidus*. **Tetrahedron.** 36n., pp. 1043-1046, 1995.

BEGON, M.; MORTIMER, M. **Population ecology.** Blackwell. Oxford. 2 ed., 1986.

BENSON, G. Tandem repeats finder: a program to analyze DNA sequences. **Nucleic Acids Research**. v. 27, n. 2, pp. 573-580, 1999.

BERGMANN, J.; GONZÁLEZ, A.; ZARBIN, P. H. G. Insect Pheromone Research in South America. **J. Braz. Chem. Soc.**, Vol. 20, No. 7, 1206-1219, 2009.

BLOMQUIST, G. J.; Vogt, R. G. **Insect pheromone biochemistry and molecular biology – The biosynthesis and detection of pheromones and plant volatiles**. Elsevier. 745p. 2003.

BOARETTO, M. A. C.; BRANDÃO, A. L. S. **Utilização de feromônios no controle de pragas**. UESB. 2000. Disponível em: <<http://www.uesb.br/entomologia/ferom.html>>. Acesso em: 13/10/2014.

BORGES, A. L.; SILVA, A. L.; BATISTA, D. C.; MOREIRA, F. R. B.; FLORI, J. E.; OLIVEIRA, J. E. M.; ARAÚJO, J. L. P.; PINTO, J. M.; CUNHA E CASTRO, J. M.; MOURA, M. S. B.; AZOUBEL, P. M.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA E SILVA, S.; CORDEIRO, Z. J. M. Sistema de produção de banana irrigada. EMBRAPA Produção – Sistemas de Produção. n. 4. 2009.

BRAITHWAITE, A.; SMIH, F. J. **Chromatographic methods**. 5 ed. 559p., 1996.

BRAT, P.; YAHIA, A.; CHILLET, M.; BUGAUD, C.; BAKRY, F.; REYNES, M.; BRILLOUET, J. M. Influence of cultivar, growth altitude and maturity stage on banana volatile compound composition. **Fruits**. v. 59. n. 2. pp. 75-82. 2004.

BRUNETTI, F. **Mecânica dos Fluidos**. Pearson. 2 ed. 219p. 2008.

BUDENBERG, W. J.; NDIEGE, I, O. Volatile semiochemicals of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. **Int. Inst. Trop. Agr.** pp.75-86. 1991.

BUDENBERG, W.J., NDIEGE, I.O., KARAGO F.W., HANSSON, B.S. Behavioural and electrophysiological responses of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* to host plant volatiles. ***Journal of Chemical Ecology***, 19: 267-272. 1993.

CALADO, D. C. **Polimorfismo em *Anopheles cruzii* Dyar & Knab, 1908 detectados através de marcadores moleculares (RAPD e RFLP) e comparação com *Anopheles bellator* Dyar & Knab, 1906 E *Anopheles homunculus* Komp, 1937 (Diptera, Culicidae, Anophelinae)**. Tese. UFPR. 156p. 2005).

CAMMARANO, R.; COSTANTINI, M.; BERNARDI, G. **The isochore patterns of invertebrate genomes**. BMC Genomics. v. 10. 2009.

CERDA, H.; LÓPEZ, A.; SANOJA, O.; SÁNCHEZ, P.; JAFFÉ, K. Atracción olfativa de *Cosmopolites sordidus* Germar (1824) (Coleoptera: Curculionidae) estimulado por volátiles originados en musaceas de distintas edades y variedades genómicas. ***Agronomía Tropical*** v. 46, n.4, pp:413-429. 1997.

CHEN, X. **DNAclub – Genomic DNA program**. <[http://molbiol-tools.ca/molecular\\_biology\\_freeware.htm](http://molbiol-tools.ca/molecular_biology_freeware.htm)>. Acesso em: 20/09/2011.

COOK, L. M.; MANI, C. S.; VARLEY, M. E. Posindustrial melanism in the peppered moth. ***Science***. 231n., pp. 611 – 613., 1987.

CORDEIRO, Z. J. M. **Banana – Produção – Aspectos técnicos**. Embrapa. 142p. 2000.

CORREIA, I. **Cultivo de banana ganha força na cidade de União dos Palmares**. Disponível em: < <http://www.agricultura.al.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/2014/janeiro/cultivo-de-banana-ganha-forca-na-cidade-de-uniao-dos-palmares/?searchterm=produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20banana>>. Acesso em: 29/06/2014.

COSTA LIMA, A. da. **Insetos do Brasil** – Coleopteros – 4ª Parte  
10v., 373 p., 1956.

COULADIS, M., TSORTANIDOU, V., FRANCISCO-ORTEGA, J., SANTOS-  
GUERRA, A., HARVALA, C. 2001. Composition of the essential oils of  
Argyranthemum species growing in the Canary Islands. **Flavour Fragr. J.**  
16:103-106.

DA GUIA, J. **Adeal intensifica fiscalização móvel em Alagoas. ADEAL -  
Agência de Defesa e Inspeção Agropecuária do Estado de Alagoas.**  
Disponível em: <<http://www.defesaagropecuaria.al.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/2007/01/adeal-intensifica-fiscalizacao-movel-em-alagoas/?searchterm=banana>>. Acesso em: 29/06/2014. 2007.

ERCOLINI, D.; RUSSO, F.; NASI, A.; FERRANTI, P.; VILLANI, F. Mesophilic  
and Psychrotrophic Bacteria from Meat and Their Spoilage Potential In Vitro  
and in Beef. **Appl Environ Microbiol.** Apr 2009; 75(7): 1990–2001.

DIXON, D. **DNA for Windows.** Department of Biological Sciences, University of  
Durham. UK. 1999. < <http://www.dna-software.co.uk/>>. Acesso em: 20/09/2011.

DUBOIS, T; COYNE, L. **Integrated pest management of banana.** cap. 7.  
2011. IN: Pillay, M.; Tenkouano, A. Banana breeding – Progress and  
challenges. p. 342. 2011.

ETTRE, L. S. **Nomenclature for chromatography - IUPAC  
Recommendations** 1993. Pure &Appl, Chem., v. 65, n. 4, pp. 819-872, 1993.

FACUNDO, H. V. V.; GARRUTI, D. S.; DIAS, C. T. S.; CORDENUNSI, B. S.;  
LAJOLO, F. Influence of different banana cultivars on volatile compounds  
during ripening in  
cold storage. **Food Research International** v. 49,pp.626–633. 2012.

FANCELLI, M.; ALVES, E. J. **A broca-do-rizoma da bananeira.** Artigo

Técnico. Disponível em:

<<http://www.boletimpecuario.com.br/artigos/showartigo.php?arquivo=artigo750.txt>>. Acesso em: 29/06/2014.

FAO – **Banana market review and Banana statistics 2012-2013.**

Intergovernmental Groups on Bananas and Tropical Fruits. 34p. 2014b.

FAO – **Banana World Consumption.** Disponível em:

<[http://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/SC\\_meeting\\_December\\_2012/Presentations\\_SC\\_2012/SC5-EST\\_presentation.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/SC_meeting_December_2012/Presentations_SC_2012/SC5-EST_presentation.pdf)>. Acesso em: 21/10/2014a.

FAO – **World Banana Forum.** Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 21/10/2014.

FERREIRA, J. T. B.; ZARBIN, P.H.G.; Amor ao primeiro odor – A comunicação química entre os insetos. **Química Nova na Escola** v.3. n.7. 1998.

FORMIGHIERI, E. F. **O papel da bioinformática na pesquisa agropecuária.**

Disponível em:

<<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Newsletter.asp?id=22750&secao=Artigos%20Especiais>>. Acesso em: 01/07/2014.2010.

FUTUYAMA, D. J. **Biologia Evolutiva.** 2 ed. 631p. 2002.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G.

C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.;

VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C.

**Entomologia Agrícola.** FEALQ. 920p., 2002.

GALVÃO, A. L. B. **Caracterização morfo-cultural e diversidade genética de**

**Fusarium guttiforme através de RAPD, ARDRA e bioinformática.** Rio Largo.

Dissertação de mestrado. 113p., 2005.

GARCIA, J. F. Practical considerations of embryo manipulation: Preimplantation genetic typing. **Theriogenology**. 56 v., pp. 1393-1399. 2001.

GIBAS, C.; JAMBECK, P. **Desenvolvendo Bioinformática**. Rio de Janeiro: Campus. 436p. 2001.

GOLD BOOK IUPAC. **Compendium of chemical terminology – Gold Book – IUPAC**. Versão 2.3.3, 1622p., 2014.

GOLD, C. S.; PENA, J. E.; KARAMURA, E. B. Biology and integrated pest management for the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). **Integrated Pest Management Reviews**, 6 v., pp.79-155, 2001.

GOLD, C. S.; KAGEZI, G. H.; NIGHT, G.; RAGAMA, P. E. The effects of banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, damage on highland banana growth, yield and stand duration in Uganda. **Annals of Applied Biology**, 145 v., 3 n., pp. 263-269., 2004.

GOLD, C. S., RUKAZAMBUGA, N. D. M., KARAMURA, E. B., NEMEYE, P.; NIGHT, G. 1999b. **Recent advances in banana weevil biology, population dynamics and pest status with emphasis on East Africa**. In: FRISON, E. A., GOLD, C. S., KARAMURA, E. B. SIKORA, R. A. (eds), *Mobilizing IPM for sustainable banana production in East Africa: Proceedings of the Workshop on banana IPM held in Nelspruit, South Africa*. pp. 35-50, 1998.

GOULART, H. F. **Desenvolvimento de feromônios para controle de pragas, novos caminhos de síntese, formulação, imobilização e liberação controlada**. Tese. Renorbio. 159p. 2012.

GOULD, F. The evolutionary potencial of crop pests. **American Scientist**. 79n., pp. 496 – 507., 1991.

GRAAF, J. **Integrated pest management of the banana**

**weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar), in South Africa.** Tese. University of Pretoria. 242p. 2006.

GRAAF, J.; GOVENDER, P.; SCHOEMAN, A. S.; VILJOEN, A. Efficacy of pseudostem and pheromone seasonal trapping of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* in South Africa . **Int. J. Pest. Manage.** v. 51. pp 209-215. 2005.

GRAHAM, G. C., MEYERS P.; HENRY, R. J. A simplified method for the preparation of fungal genomic DNA for PCR an RAPD analysis. **BioTechniques.**, v.16, p.48-50, 1994.

GRANADOS, C. D. D.; SANDOVAL, A. M.; CHAPARRO-GIRALDO, A. **Diseño de um gen semisintético cryAc y análisis de La estructura. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.** Edición Especial No. 2 (155 - 164). 2013.

GRATTAPAGLIA, D.; FERREIRA, M. E. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética.** EMBRAPA. Brasília, 3 ed., 220p., 1998.

GRICIO, L. H.; ALVINO, C. A; GIROTO, M.; FELIPE, A. L. S.; JUNIOR, C. E. I.; BUENO, C. E. M. S.; RICARDO, H. A.; SILVA, D. P.; LIMA, F. C. C. A **Importância do controle da broca-da-bananeira. Revista científica eletrônica de agronomia.** N. 20. 2011.

HASSANALI, A; NDIEGE, I. O.; BUDENBERG, W. J.; LWANDE, W. Volatile components of banana pseudostem of a cultivar susceptible to the banana weevil. **Phytochemistry** v. 30. n. 12. pp. 3929–3930. 1991.

HE, L.; WANG, S.; MIAO, X.; WU, H.; HUANG, Y. Identification of necrophagous fly species using ISSR and SCAR markers. **Forensic Sci Int.** v. 24. n. 168(2-3). pp.148-153. 2007.

HEIMAN, M. **WebCutter version 2.0.** Disponível em:



<<http://www.firstmarket.com/cutter/cut2.html>>. 1997. Acesso em: 20/09/2011.

HERNANDÉZ, P.; DE LA ROSA, R.; RALLO, L.; MATRTÍN, A.; Dorado, G. First evidence of a retrotransposon-like element in olive (*Olea europaea*): implications in plant variety identification by SCAR-marker development. **Theoretical and Applied Genetics**. 102n., pp. 1082 - 1087. 2001.

HEUSKIN, S.; VERHEGGEN, F. J.; HAUBRUGE, E.; WATHELET, J. P. LOGNAY, G. The use of semiochemical slow-release devices in integrated pest management strategies. **Biotechnol. Agron. Soc. Environ.** v. 15.n. 3.pp. 459-470. 2011.

HILD, J. **SSR Finder**. <<http://www.csufresno.edu/ssrfinder/>> Acesso em: 21/09/2011.

HUNT, G. J.; 1997 **Insect DNA extraction protocol**. pp 21-24 in: Bosch, T. C. G., Lohmann, J. (1997) Nonradioactive differential display of messengerRNA. Finger printing methods based on arbitrarily primed PCR: 295-304. Springer Lab Manual (ed. MRMicheli and R. Bova). Springer Verlag, Heidelberg.

HUNT, W. A. Suppression of the Ethanol Withdrawal Syndrome by Aliphatic Diols. **J Pharmacol. Exp. Ther.** v. 213. n. 1.pp. 9-12. 1980.

HURST, L. D.; MERCHANT, A. R. High guanine-cytosine content is not an adaptation to high temperature: a comparative analysis amongst prokaryotes. **Proc Biol Sci.** v. 268. n. 1466. pp. 493-7. 2001.

IBGE – **Censo Agropecuário Alagoas. VIII Recenseamento Geral**. Série Regional. v. 3. Tomo XI. 1970.

IBGE – **Santana do Mundaú – Histórico**. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/alagoas/santanadomundau.pdf>>. Acesso em: 29/06/2014.

IBGE . **IBGE – Cidades**. Disponível em: <  
<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=27&search=alagoas>>  
. Acesso em: 29/06/2014. 2014a.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola - pesquisa mensal de  
previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil 2013. **Levant.  
Sistem. Prod. Agríc.** v.26 n.8 p.1-84.2013.

IRAC-BR – **Comitê Brasileiro de Ação a Resistência a Inseticidas.**

**Introdução**. Disponível em: < <http://www.illac-br.org.br/>>. Acesso em  
16/10/2013.

JACKSON, D. M.; BOHAC, J. R. Evaluation of pheromone traps for monitoring  
sweetpotato weevils. **J. Agric. Urban Entomol.** v. 23, n. 3. 2006.

JANES, N. HSU, J. W. RUBIN, E. TARASCHI, T. F. Nature of alcohol and  
anesthetic action on cooperative membrane equilibria. **Biochemistry.** v. 31.n.  
39. pp. 9467-9472. 1992.

KALRSON, P. LÜSCHER, M.; Pheromones': a New Term for a Class of  
Biologically Active Substances. **Nature** n. 183, pp.55-56. 1959.

KARIOTI, A., HADJIPAVLOU-LITINA, D., MENSAH, M.L.K., FLEISCHER, T.C.,  
SKALTSA, H. 2004. Composition and antioxidant activity of the essential oils of  
*Xylopia aethiopica* (Dun) A. Rich. (Annonaceae) leaves, stem bark, root bark,  
and fresh and dried fruits, growing in Ghana. **J. Agric. Food Chem.** 52:8094-  
8098.

KOBAISY, M., TELLEZ, M.R., DAYAN, F.E., DUKE, S.O. Phytotoxicity and  
volatile constituents from leaves of *Callicarpa japonica* Thunb. **Phytochem.** v.  
61. pp. 37-40. 2002.

KREBS, C. J. **Ecological Methodology**. Harper and Row. New York. 1989.

LÉDO, A. S.; SILVA JÚNIOR, J. F.; LÉDO, C. A. S.; OLIVEIRA E SILVA, S. Avaliação de genótipos de bananeira na região do baixo São Francisco, Sergipe. **Rev. Bras. Frutic.** v. 30, n. 3, p. 691-695. 2008.

LEWONTIN, R. **A tripla Hélice: gene, organismo e ambiente.** Tradução José Viegas Filho – São Paulo: Companhia das Letras, 140 p., 2002.

LINDE. **Técnicas analíticas – Cromatografia gasosa.** Disponível em: <[http://hiq.linde-gas.com.br/international/web/lg/br/like35lgspgbr.nsf/docbyalias/anal\\_gaschrom#6223398438401904](http://hiq.linde-gas.com.br/international/web/lg/br/like35lgspgbr.nsf/docbyalias/anal_gaschrom#6223398438401904)>. Acesso em 01/11/2014.

LINS, R. D.; DANTAS, A. C. V. L. ; FANCELLI M.; CARVALHO, C. A. L.; LEITE, J. B. V. **Infestação da broca-do-rizoma em variedades e híbridos de bananeira em Uma, Bahia.** Magistra, Cruz das Almas, 20 v., 1 n., p. 105-108, 2008.

MACLEOD, G., AMES, J.M. Volatile components of starfruit. **Phytochem.** v. 29. pp.165-172. 1990.

MAGUIRE-BOYLE, S. J.; BARRON, A. R. Organic compounds in produced waters from shale gas wells. Environ. Sci.: **Processes Impacts**.v. 16.p.2237. 2014.

MAMBUSCAY, M. L. A.; LÓPEZ, A. W. A.; CUERVO, M. R. A.; ARGOTE, V. F. E.; OSORIO, E. C. **Identificación de lãs levaduras nativas presentes em zumos de piña, mora y uva.. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial** Edición Especial n. 2.pp. 136-144. 2013.

MAPA – **Base de dados AGROFIT.** Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 21/10/2014.

MAPA – **Instrução Normativa 12/2001.** Disponível em:

<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1362489091>>. Acesso em: 24/10/2014. 2014a.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.6, n.2, pp. 95-112, 2012.

MASANZA, M. Effect of crop sanitation on banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) population and associated damage. Tese. Wageningen Universiteit. 177p. 2003.

Maynard Smith, J. **Evolutionary Genetics**. Oxford University Press. Oxford. 1989.

MENDONÇA, F. A. C.; VILEL, E. F.; EIRAS, A. E.; SANTANA A. E. G. Resposta de *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera, Curculionidae) aos voláteis da planta hospedeira e de adultos coespecíficos em olfatômetro **Revta bras. Zool.** 16 (Supl. 2): 123 - 128, 1999.

MESQUITA, A. L. M. **Importância dos métodos de controle do moleque ou broca-do-rizoma-da-bananeira**. Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica n. 17. 5p. 2003.

MESQUITA, A. L. M. **Morte ronda bananeiras**. Cultivar Hortaliças e Frutas. 12 n., 2002.

MICHEREFF, S. J.; BARROS, R. **Proteção de plantas na agricultura sustentável**. UFRPE, Imprensa Universitária. 368p. 2001.

MILLIGAN, G.W.; COOPER, M.C. An examination of procedures for determining the number of clusters in a data Set", **Psychometrika**, v.50. n.2. pp.159-179. 1985.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping ruler: an evaluation. **The Computer Journal**, v.20. n.4. pp.359-363.1977.

MORAES, M. C. B. **Eletroantenografia: a antena do inseto como um biossensor**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. n. 270. 22p. 2008.

MOREIRA, A. N.; CONCEIÇÃO, J. L. A.; MOURA, M. D. . S.; PEREZ, J. O.; DA SILVA, M. M.; NASCIMENTO, E. F.; GAVA, C. A. T. **Alternativas para o manejo integrado de pragas e doenças na cultura da banana no Submédio do Vale do São Francisco**. Embrapa Semiárido - Artigo em anais de congresso (ALICE). 2008.

MOREIRA, M. A. B. **Identificação, dinâmica da produção e potencial de uso do feromônio de agregação de *Pseudopiazurus obesus* (boheman, 1838) (coleoptera: curculionidae)**. Tese. UFPR. 120p. 2005.

MORSE, S. F.; ROBINSON, S. K. Nesting success of a Neotropical migrant in a multiple-use, forested landscape. **Conservation Biology**. 13n. pp. 327–337. 1999.

NADAL, A. L. **Bioinformática para biólogos**. 1º Simpósio nacional de iniciação científica. 4p. 2011.

NDIEGE, I. O.; BUDENBERG, W. J.; LWANDE, W.; HASSANALI, A. Volatile components of banana pseudostem of a cultivar susceptible to the banana weevil. **Phytochem**. V. 30. N. 12. Pp. 3929–3930. 1991.

NDIEGE, I. O.; BUDENBERG, W. J.; OTIENO, D. O.; HASSANALI, A. 1,8-Cineole: An attractant for the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. **Phytochem**. v. 42. n. 2. pp. 369–371. 1996.

NEI, M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. **Genetics** v. 89. pp. 583–590. 1978.

NOMURA, E. S.; FUZITANI, E. J.; DAMATTO Júnior, E. R. Broca da bananeira – Perigo “invisível”. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8. n. 53. 2011.

NUNES, I. SANTANA DO MUNDAÚ. Atualmente, agricultores comercializam o produto no meio da rua - Produtores de banana cobram ponto de venda.

**Gazeta de Alagoas**. 24 de maio de 2013.

NUNES, V. M. B. **Introdução à teoria cinética dos gases**. Instituto Politécnico de Tomar. 25p. 2003.

OCHIENG, V. O. **Genetic diversity in banana weevil *Cosmopolites sordidus*, Populations in Banana growing regions of the world**. Tese. University of Nairobi. 2001.

OLEG S. MB DNA **Analysis version 6.84**. <<http://www.molbiosoft.de/>>. 2007. Acesso em: 20/09/2011.

OLIVEIRA E SILVA, S.; SOUZA JUNIOR, M. T.; ALVES, E. J; SILVEIRA, J. R. S.; LIMA, M. B. Banana breeding program at Embrapa. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, n. 4, p. 399-436, 2001.

OLIVEIRA, T. F. P. **Padronização e aplicação da PCR para detecção de contaminantes em cultivos celulares, soros e tripsinas**. Dissertação. UFMG. 79p. 2012.

pDRAW32. **pDRAW 1.0**. Disponível em: (<http://www.acaclone.com>>. Acesso em: 20/06/2014.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, v. 11, pp:1633–1644, 2007.

PEREZ, A. G.; CERT, A.; RIOS, J. J.; OLIAS, J. M. Free and glycosidically bound volatile compounds from two banana cultivars: 'Valery' and 'Pequena Enana'. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 45. n. 11. pp. 4393-4397. 1997.

- WITZGALL, P. **Pheromones - future techniques for insect control?**  
**Pheromones for Insect Control in Orchards and Vineyards.** Bulletin v. 24. n. 2. pp. 114-122.2001.
- PICANÇO, M. C. Manejo Integrado de Pragas. Curso de BAN – **Entomologia Agrícola.** UFV. 2003.
- PILLI, R. A.; ZARBIN, P. H. G. EDITORIAL. J. **Braz. Chem. Soc.** v. 11, n. 6, p. 551-639, 2000.
- PINO, J. A.; FEBLES, Y. Odour-active compounds in banana fruit cv. Giant Cavendish. **Food Chemistry.** v. 141. pp. 795–801. 2013.
- PINTO-ZEVALLOS, D. M.; ZARBIN, P. H. G. A química na agricultura: perspectivas para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis. **Quim. Nova**,v. 36. n. 10.pp. 1509-1513. 2013.
- PLANT, R. E.; MANGEL, M. Modeling and simulation in agricultural pest management. **SIAM Review.** v. 29. n. 2. pp. 235-261. 1987.
- PRESTES, T. M. V. **Dinâmica populacional de *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculioniae) em bananal, cv. Nanicão, em São Miguel do Iguaçu, PR, e sua suscetibilidade a isolado de *Beauveria bassiana*.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 73p., 2005.
- QUEIROZ , P. R.; GUIMARÃES , M. N. K.; ROCHA, D. M. S.; OLIVEIRA, M. R. V.; LIMA, L. H. C. Aplicações dos marcadores SCAR na identificação de biótipos de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) sob diferentes condições de estudo. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.** 26p. 2007.

QUEIROZ, P. R.; MARTINS, E. S.; MONNERAT, R. G.; LIMA, L. H. C. Caracterização molecular de uma população de *Anthonomus grandis* (Coleóptera: Curculionidae) utilizando marcadores moleculares RAPD. **EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Brasília. 90 n., 19p. 2005.

QUEIROZ, P. R.; MARTINS, E. S.; PRAÇA, L. B.; LIMA, L. H. C.; MONNERAT, R. G. Identificação de Populações de Insetos-Praga Utilizando Marcadores Moleculares RAPD. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. 1 ed. 17p. 2007a.

QUEIROZ, P. R.; GUIMARÃES, M. N. K.; ROCHA, D. M. S.; OLIVEIRA, M. R. V.; LIMA, L. H. C. Aplicações dos marcadores SCAR na identificação de biótipos de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) sob diferentes condições de estudo. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. 1 ed. 26p. 2007.

RADA. **Mass Trapping of Banana Weevil (*C. sordidus*) using Pheromone Traps**. Technology, Training & Technical Information Division - RADA. 2009. Disponível em: <<http://rada.gov.jm/wp-content/uploads/2013/11/Cosmolure-handouts.pdf>>. Acesso em: 28/06/2014.

REDDY, G. V. P.; CRUZ, Z. T.; NAZ, F.; MUNIAPPAN, R.. A pheromone-based trapping system for Monitoring the population of *cosmopolites Sordidus* (germar) (coleoptera: curculionidae). **Jour of Plan Prot Res**. v. 48, n. 4. 2008.

REEDY, C. M.; QUINN, J. G. GC-MS analysis of total petroleum hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons in seawater samples after the North Capeoil spill. **Marine Pollution Bulletin**. Volume 38, Issue 2, pp. 126–135. 1999.

REINEKE, A.; KARLOVSKY, P.; ZEBITZ, C. P. W. Preparation and purification of DNA from insects for AFLP analysis. **Insect Molecular Biology**, 7v., 1n., pp. 95-99. 1998.



RIBEIRO, G. T.; AZEVEDO, R. L.; PODEROSO, J. C. M.; PIRES, R. V.; OLIVEIRA, M. E. C. Infestação do moleque-da-banaeira em variedades de bananeira, na região de Inhambupe – Bahia. **Caatinga**. 22 v., 2 n., pp. 05-07, 2009.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**, 5th ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 4 ed., 503p., 2003.

ROGER, A. J.; SANDBLOM, O.; DOOLITTLE, W. F.; PHILIPPE, H. An evaluation of elongation factor 1 alpha as a phylogenetic marker for eukaryotes. **Mol Biol Evol**. v. 16. n. 2. pp. 218-233. 1999.

RYAN, M. F. **Insect chemoreception – Fundamental and applied**. Kluwer. 330p. 2002.

RYCHLIK, M., SCHIEBERLE, P., GROSCH, W. **In compilation of odour thresholds, odour qualities and retention indices of key food odorants**. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie and Institut für Lebensmittelchemie der Technischen Universität München. 1998.

SALMON, B.; MARTIN, G. J.; REMAUD, G.; FOUREL, F. Compositional and Isotopic Studies of Fruit Flavours. Part I. The Banana Aroma. **Flavour and fragrance journal**, v. 11, pp.353-359. 1996.

SAMANTA, M. P. Nucleotide Distribution Patterns in Insect Genomes. **Systemix Reports**. n. 1. 2007.

SANDHU, S. S.; COLOMBO, C. B.; CÂNDIDO R.; SIQUEIRA, W. J. DNA tagging of blast resistant gene(s) in three Brazilian rice cultivars. **Genetics and Molecular Biology**, São Paulo 26 v., 4 n., 2003.

SANTOS, S. C. L. **Pesquisa participativa de armadilhas e controle populacional de *Cosmopolites sordidus***. Tese. UFERSA. 141p. 2010.

SHEN, J.; HU, L.; BIN, S.; SUN, X.; LIN, J. Attractive activity to *Bactrocera dorsalis* and chemical components analysis of volatiles from *Musa sapientum*. **Journal of Zhongkai**. v. 2. 2011.

SILVERSTEIN, R. M. **Chemicals controlling insect behavior – Attractant pheromones of Coleoptera**. Academic Press. 168p. 1970.

SKOOG, D. A.; LEARY, J. J. **Principles of instrumental analysis**. 4 ed. 700p., 1992.

SOBRINHO, E. E.; MOREIRA, M. A. B.; ALVES, M. C. S.; BARRETO, M. F. P.; GUERRA, A. G. **Eficiência de armadilhas na captura do moleque da bananeira, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae)**. Resumo. v. 70. n. 2. pp. 107-216. 2008.

STERN, D.J., FLATH, R.A., MON, T.R., TERANISHI, R., LUNDIN, R.E., and Benson, M.E. Crude oleic acid volatiles. **J. Agric. Food Chem.** v. 30. pp.180-184. 1985.

THOMAZINI, M. J. A. **Comunicação química entre os insetos: obtenção e utilização de feromônios no manejo de pragas**. 2009. In: GONCALVES, R. C.; OLIVEIRA, L. C. de (Ed.). Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, cap. 17, p. 338-354. 2009.

TINZAARA, W. **Chemical ecology and integrated management of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* in Uganda**. Wageningen. Ph.D Thesis. 184p., 2005.

TINZAARA, W.; GOLD, C. S.; DICKE, M.; HUIS, A. V.; RAGAMA, P. E. Host plant odours enhance the responses of adult banana weevil to the synthetic aggregation pheromone Cosmolure+®. **International Journal of Pest Management**. v. 53. n. 2. 2007.

TINZAARA, W.; GOLD, C. S.; DICKE, M.; VAN HUIS, A. Olfactory responses of banana weevil predators to volatiles from banana pseudostem tissue and synthetic pheromone. **Journal of Chemical Ecology**. v. 31. n. 7. pp. 1537-1553. 2005.

UNEKE, C. J. Integrated pest management for developing countries – A systemic overview. **Nova**. 205p. 2007.

UNTERGRASSER, A.; CUTCUTACHE, I.; KORESSAAR, T. Y. J.; FAIRCLOTH, B. C.; REMM M.; ROZEN, S. G. Primer3 - new capabilities and interfaces. **Nucleic Acids Research** v. 40. n. 15. 2012.

VALLEJO, L. F.; SÁNCHEZ, R.; SALGADO, M. **Redescripción del adulto y descripción de los Estados inmaduros de cosmopolites sordidus Germar, 1824 (coleoptera: curculionidae), el picudo Negro barrenador del plátano en Colômbia**. Boletín Científico - Centro de Museos - Museo de Historia Natural v. 11. pp. 361–375. 2007.

VENZON, M.; AMARAL, D. S. S. L.; TOGNI, P. H. B.; REZENDE, M. Q.; PEREZ, A. L. **Tecnologias para Produção Orgânica - MANEJO DE PRAGAS NA AGRICULTURA ORGÂNICA**. Viosa, MG: Unidade Regional EPAMIG Zona da Mata, v.1, cap. 4, p.249. 2011.

VILARINHO, K. R. **Análise da variabilidade genética de populações de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae), na cultura do algodoeiro**. Dissertação de Mestrado. UNB. 136p. 2007.

VINATIER, F. **Dynamique spatiale du charançon du bananier en interaction avec le système de culture et l'organisation paysagère**. Tese. AgroParisTech. 204p. 2011.

WANG, J.; LI, Y. Z.; CHEN, R. R.; BAO, J. Y.; YANG, G. M. Comparison of volatiles of banana powder dehydrated by vacuum belt drying, freeze-drying and air-drying . **Food Chemistry**. v. 104. n. 4. pp.1516-1521. 2007.

WANG, Z., FINGAS, M., LI, K. Fractionation of a light crude oil and identification and quantitation of aliphatic, aromatic, and biomarker compounds by GC-FID and GC-MS. **J. Chromatogr. Sci.** v. 32. pp. 367-382. 1994.

WANGCHUK, P.; KELLER, P. A.; PYNE, S. G.; KORTH, J. **Antimicrobial, antimalarial and cytotoxicity activities of a Bhutanese variety of *Ajania nubigena***. *Natural product communication: an international journal of communications and reviews.* v. 8., n. 6, pp. 733-736. 2013.

WIDMER, H. Gas chromatographic identification of hydrocarbons using retention indices. **J. Gas Chromatogr.** v. 5. pp. 506-510. 1967.

WIENS, J. A.; STENSETH, N. C.; VAN HORNE, B.; IMS, R. A. **Ecological mechanisms and landscape ecology.** *Oikos*, 66n., pp. 369 – 380., 1993.

YEH, F. C.; YANG, R.; BOYLE, T. **Popgene Version 1.31.** Disponível em <<http://www.ualberta.ca/~fyeh/popgene.pdf>>.1999.

YIN, C., LIU, W., LI, Z., PAN, Z., LIN, T., ZHANG, M. Chemometrics to chemical modeling: structural coding in hydrocarbons and retention indices of gas chromatography. **J. Sep. Sci.** v. 24. pp. 213-220. 2001.

BOOTH, Y. K.; KITCHING, W.; DE VOSS, J. J. Biosynthesis of insect spiroacetals. **Nat. Prod. Rep.** v. 26. pp. 490–525. 2009.

ZARBIN, P. H. G.; RODRIGUES, M. A. C. M.; LIMA, E. R. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Quim. Nova**, v. 32, n. 3, pp.722-731, 2009.

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Maria Helena Mendes Lessa**

G182a Galvão, André Luiz Beserra .  
Avaliação da diversidade genética, prospecção de cairomônios e formulações de sordidina como alternativas ao controle do *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824)(Coleoptera: Curculionidae) / André Luiz Beserra Galvão. – Maceió, 2014.  
86 f. : il

Orientador: Antônio Euzébio Goulart de Santana.  
Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia. Maceió, 2014.

Bibliografia: f. 67-86.

1. Sordidina. 2. Semioquímicos. 3. Moleque-da-bananeira - Controle. 4. *Musa* spp. I. Título.

CDU: 543.97