

Uma Visão Geral Sobre *Antifeedants* em Insetos

An Overview of the Insects Antifeedants

Edjane Vieira Pires

Universidade Estadual de Alagoas, Palmeira dos Índios, AL
edjanevp@gmail.com

Cenira Monteiro de Carvalho

Faculdade São Vicente de Pão de Açúcar, Pão de Açúcar, AL
ceniramc@gmail.com

Resumo: A preocupação com o meio ambiente e o modo como as atividades econômicas nele se organizam, tem sido tema de vários estudos. Muitos insetos atuam, disseminando cultivos importantes para a sobrevivência do homem. Uma saída mais coerente é fazer uso de práticas de manejo integrado de pragas, que tem como propósito, manter a densidade populacional de um organismo abaixo do nível de dano econômico, sem a necessidade da utilização de pesticidas químicos (agroquímicos). Neste sentido, se encaixa um termo conhecido por muitos pesquisadores da área de ecologia química, que são os *Antifeedants*- Substâncias capazes de inibir a alimentação do inseto, por mecanismos fisiologicamente complexos. O objetivo dos pesquisadores acerca deste tema envolve a possibilidade de extrair das plantas um bioinseticida que, portanto, não cause danos ambientais e/ou sociais, como ocorre ao se fazer o uso indiscriminado dos pesticidas sintéticos. A síntese química, entretanto, pode contribuir muito, na formulação de um bioinseticida, utilizando como protótipo a molécula isolada de determinada planta. Neste estudo pretende-se fazer uma revisão da literatura em torno da ação antialimentar (“antifeedants”) que determinados compostos, naturais ou sintéticos, podem exercer em insetos, aqui encarados como pragas agrícolas.

Palavras-chave: bioinseticidas; controle de pragas; inibição alimentar.

Abstract: The concern about the environment and the way in which economic activities are organized in it has been the subject of many studies. Many insects have the task of disseminating cultivations that are important for human survival. A more coherent way out is to make the use of practices of integrated pest management, which has the purpose of keeping the population density of an organism below the level of economic damage, without the need of chemical pesticides (agrochemicals) utilization. In this sense, appears a well-known term among researchers in the field of chemical ecology: the “Antifeedants” – Substances capable of inhibiting the feeding of the insect by physiologically complex mechanisms. The objective of researchers on this theme involves the possibility of extracting from plants a bioinsecticide that, therefore, does not cause environmental and/or social damages, which happens when the indiscriminate use of synthetic pesticide is made. The chemical synthesis, however, can contribute greatly to the formulation of a bioinsecticide, using as a prototype the isolated molecule from a certain plant. This study intends to review the literature on the antifeedants action that certain compounds, natural or synthetic ones, may exert on insects, here displayed as agricultural pests.

Key words: bio-insecticides; pest control; feeding inhibition.

1 Introdução

O enorme aumento da população impõe a necessidade da produção de maior volume de alimentos, o que depende não só das boas práticas de cultivo, como também do controle das pragas, antes e após a colheita. As pragas provocam importantes danos para as culturas, trazendo a necessidade contínua da utilização de eficazes agentes de controle, sendo estes em maior parte, quimicamente sintetizados [1].

A maioria dos pesticidas convencionais, organoclorados, tal como o diclorodifeniltricloroetano DDT, endosulfan, e pentaclorofenol ou organofosforados: clorpirifós, monocrotofós e malation, são considerados altamente tóxicos para pássaros, animais selvagens e humanos. Devido a esse propósito, muitos deles foram proibidos em vários países ou estão prestes a serem proibidos [2].

O uso de insumos químicos, como pesticidas têm conferido aumentos significativos à produção e à produtividade agrícola. No entanto, as consequências negativas de tal uso têm aumentado muito. Estas consequências incluem danos às terras, à pesca, fauna e flora. Além disso, pode ocorrer ainda, a destruição não intencional de predadores benéficos de pragas, aumentando assim a ação de muitas espécies de pragas agrícolas. Vale ressaltar ainda, o aumento da mortalidade e morbidade de seres humanos devido à exposição a pesticidas, registrados especialmente nos países em desenvolvimento [3].

Devido aos impactos negativos do uso de substâncias inseticidas tóxicas em longo prazo, busca-se o isolamento e aplicação de “inseticidas naturais” conhecidos como “antifeedants”, que atuam no sistema nervoso central dos insetos [1]. Ao longo do tempo estes “inseticidas” vêm sendo estudado por apresentar vantagens como a facilidade de degradação, raro desenvolvimento de resistência pelos insetos, e menos danos aos seres humanos, animais e plantas [4, 5].

Um “antifeedant” é considerado como fator de impedimento da alimentação de insetos, podendo ser percebido quer pela estimulação de receptores especializados ou pela distorção da função normal de neurônios, que percebem compostos fagoestimulantes. Alguns “antifeedants” vegetais influenciam a atividade alimentar através de uma combinação destes dois principais modos de ação [6]. De maneira simplificada, um “antifeedant” é uma mistura de compostos de origem natural ou sintética, que pode inibir a alimentação de um inseto-praga, favorecendo a qualidade e conservação dos insumos agrícolas.

O contato por meio das quimiossensações promove comportamentos essenciais para sobrevivência dos insetos. Entre estes comportamentos, está aquele que inibe a alimentação, devido à ação de determinados compostos, “antifeedants”. A resposta fisiológica frente a estes inibidores alimentares ocorre por meio dos receptores gustativos [7, 8].

Em geral, os “antifeedants” não são agressivos ao meio ambiente e, podem atuar nas diferentes culturas através de defesa química [5]. Uma atividade significativa é, por vezes, observada a baixas concentrações, o que pode gerar uma especificidade, na atuação contra um grupo restrito de insetos-pragas, ou seja, outras espécies de insetos ficam ilesas [4, 5]. Um exemplo em que se observa boa resposta com baixa concentração, ocorre com o composto isolado da *Azadirachta indica* (A. Juss., 1830), chamado de azadiractina, que mostra um EC50 de 0,05 ppm (concentração na qual a substância provoca efeito adverso observado em 50% dos indivíduos observados), sendo este considerado um potente antialimentar [9]. A azadiractina é tida um potencial biopesticida, de forma que, inibe fortemente a alimentação, o crescimento e desenvolvimento de *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (*Coleoptera:Tenebrionidae*) [7].

Apesar dos bons resultados já encontrados, sabe-se que ainda é necessário muito estudo

acerca do assunto, pois fatores fisiológicos não seguem sempre regras, determinado inseto pode responder a baixas concentrações de um composto antialimentar e outros não. Nos gafanhotos, por exemplo, o número de receptores gustativos é grande e com baixa especificidade e em lagartas esse número é baixo, mas com especificidade relativamente, alta [10]. Enquanto a azadiractina é um excelente composto antialimentar para o *Schistocerca gregária* (Forsk., 1775), com um EC50 de 0,05 ppm, o mesmo não mostra boa ação frente a outra espécie de gafanhoto (*Locusta migratória*) (Linnaeus, 1758), mesmo em concentrações de 1000 ppm [9].

2 “Antifeedants” de origem natural

O interesse científico na aplicação de antifeedants para controle de insetos teve impulso no final dos anos 1920, mas foi três décadas mais tarde que as propriedades únicas de antifeedants foram verdadeiramente reconhecidos [5]. Desde então, milhares de espécies de plantas têm sido pesquisadas para avaliação da presença de metabólitos com potencial antifeedant [11]. Gujar e Mehrotra [12] afirmam que folhas e frutos da árvore tropical Neem (*Azadirachta indica*) eram utilizados popularmente na Índia e no Sri Lanka, durante séculos para proteger livros, roupas e alimentos armazenados dos danos causados por insetos-pragas, porém sem nenhuma comprovação científica. Somente em 1962, um estudo realizado por Pradhan [13], evidenciou a ação antialimentar do neem frente a uma espécie de gafanhoto *S. gregaria*. Desde então esta espécie de planta originária da Índia, tem sido bastante testada frente aos diferentes insetos-pragas pelo seu potencial para atuar no controle de pragas por meio da sua ação antialimentar.

Dois estudos mais recentes foram realizados por Da Silva [14] e Reed [15], envolvendo a *Azadirachta indica*. No primeiro, constatou-se que o extrato hidroalcoólico obtido a partir de folhas de *A. indica* exerce efeitos antialimentares sobre *Zabrotes subfasciatus*, (Bohemian, 1833) uma vez que, o inseto tende a não se alimentar das sementes do feijão (*Proteus vulgaris* (Hauser 1885) que foram tratadas com o extrato hidrometanólico das folhas do Neem. Enquanto Reed [15], mostrou que dois compostos isolados do extrato etanólico do Neem, também exercem efeito inibidor da alimentação frente a *Acalymma vittatum* (Fabricius, 1775), um besouro que ataca o cultivo de pepino, sendo estes compostos chamados de azadiractina e salannina.

A literatura também contém estudos da atividade antifeedants envolvendo frações extraídas de plantas que são ricas em óleos essenciais, onde conseqüentemente estão compostos terpênicos, conhecidamente ativos para essa atividade. Popović [16] relata que a fração de óleo essencial de *Ocimum basilicum* (Linnaeus, 1753) apresentou um índice antialimentar maior que 80% em larvas de *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758).

Uma classe de compostos orgânicos denominada diterpenos clerodano tem atraído considerável atenção devido ao potencial “antifeedants”, que é de longe a bioatividade mais estudada desses diterpenos. De acordo com estudos anteriores, mais de 300 clerodanes naturais e semisintéticos foram testados em laboratório, produzindo vários compostos com potente atividade “antifeedant” [17, 18].

Metabólitos secundários do tipo Clerodano já foram encontrados em várias espécies de plantas de várias famílias e nos organismos de outros grupos taxonômicos, tais como fungos, bactérias e esponjas marinhas [19, 20]. Especialmente diversos gêneros de plantas da família *Labiatae* e *Verbenaceae* já foram identificados como fontes ricas em clerodanos “antifeedants”; as espécies do gênero *Scutellaria* (*Labiatae*), produzem alguns dos mais potentes

clerodanos “antifeedants” [19, 21].

Em trabalhos realizados por Coll e Tandrón [18] uma nova família de diterpenos extraído da *Teucrium fruticans* (Linnaeus, 1753) denominado fruticolone 6-acetilteucjaponin B mostrou atividade “antifeedants” semelhante a dados, anteriormente relatados por Sosa [22].

Os compostos terpênicos têm sua atividade “antifeedants” avaliada há bastante tempo. Em 1981, Kubo e Ganjian [23], já relataram a ação de terpenos isolados das espécies *Warburgia ugandenses* (Sprague, 1906) e *Warburgia stuhlmannii* (Engler, 1895), comumente encontradas na África Oriental em larvas de *Spodoptera exempta* (Walker, 1856) e *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775).

Entre os inibidores de alimentação natural, que vai além dos terpenos citados acima, existem também muitos compostos com um radical lactona [24, 25]. Estudos anteriores têm demonstrado que a introdução de um grupamento lactona em estruturas de compostos tais como (\pm)-limoneno, (R)-(-)-mirtenol, (-)- α -pineno, (+)-3-careno, (\pm)-canfeno aumenta consideravelmente a ação “antifeedants” em insetos [26, 27, 28]. As plantas das famílias *Asteraceae* e *Apiaceae* são particularmente ricas em lactonas [29].

Os taninos também atuam na defesa contra pragas, devido ao seu potencial de se complexarem com proteínas digestivas dos insetos, através da formação de ligações de hidrogênio [30]. Os taninos são compostos fenólicos, onde estão presentes grupos hidroxilas, indispensáveis para a formação das ligações de Hidrogênio, uma interação química comum entre muitas moléculas orgânicas.

Em geral, os taninos condensados são inibidores da digestão com menor efeito tóxico, quando comparados aos tepenóides [31]. No entanto, seus papéis como “antifeedants” dependem de vários fatores, incluindo o sistema gustativo, glândulas salivares, e sistema digestivo do inseto [32, 6]. Os taninos condensados são compostos fenólicos solúveis e água com massa molecular entre 500 e 3.000 daltons.

Em estudo realizado por Kathuria e Kaushik [33] faz uma comparação entre o extrato bruto de folhas da espécie *Eucalyptus camaldulensise* (Dehnh., 1832) e sua fração taninica, quanto a inibição alimentar das larvas de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1809), de modo que, lhe é ofertada, folhas de repolho tratadas com esses dois tipos de amostras. Como resultado, eles perceberam a maior atividade da fração taninica, com 40% de inibição na alimentação larval, enquanto a atividade biológica do Extrato de folhas foi inferior a 25%. Este tipo de estudo envolvendo larvas de insetos-pragas, é recorrente em estudos de ecologia química, tendo em vista que, essa fase do inseto provoca sérios danos a diversos tipos de plantações.

Os “antifeedants” à base de compostos ativos de plantas, pertencem às classes de compostos orgânicos classificados como: cromonas, poliacetilenos, saponinas, cucurbitacinas, ácidos ciclopropanóicos, fenólicos, alcalóides, vários tipos de terpenos e seus derivados, e cada espécie de inseto pode processar estes alomônios de maneira específica, de modo que, o mesmo composto pode ter destinos e conseqüências muito distintas em diversas espécies de insetos, o que aponta para diferentes mecanismos envolvidos nesta ação antialimentar [6]. Portanto, não existe um modelo único de resposta que justifique a ação antialimentar. Muitos estudos com extratos de plantas estão relatados na literatura, mas estudos envolvendo compostos isolados com uma química bem definida, ainda segue em avanço. O Quadro 1 ilustra alguns destes trabalhos.

Quadro 1. Classe de Compostos derivados de plantas relatadas por sua atividade antifeedants (a partir de 2004).

Espécie	Classe de compostos	Inseto(s) alvo	Referência
<i>Teucrium fruticans</i> L. (Lamiaceae)	Neo-clerodane	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval, 1833) (Noctuidae)	[34]Coll e Tandrón, 2005
<i>Ajuga remota</i> (Lamiaceae)	neo-Clerodane	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval, 1833) (Noctuidae)	[18]Coll e Tandrón, 2004
<i>Medicago sativa</i> L. (Fabaceae)	Saponina	<i>Therioaphis maculata</i> (Buckton) (Aphididae)	[35]Mazahery-Lagha <i>et al.</i> , 2011
<i>Pieris formosa</i> D. Don (Ericaceae)	Diterpenos	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner, 1805) (Noctuidae)	[36] Li, Chun-Huan <i>et al.</i> , 2010
<i>Angiopteris caudatififormis</i> Hieron (Angiopteridaceae)	lactonas	<i>Heliothis virescens</i> (Fabricius, 1777) (Noctuidae) <i>Plutella xylostella</i> (Linnaeus, 1758) (Plutellidae)	[37]Yu, Yong-Ming <i>et al.</i> , 2009
<i>Croton jatrophioides</i> Pax. (Euphorbiaceae)	Limonoides	<i>Pectinophora gossypiella</i> (Saunders 1844) (Gelechiidae) e <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith, 1797) (Noctuidae)	[38]Nihei, Ken-ichi <i>et al.</i> , 2006
<i>Senecio madagascariensis</i> (Asteraceae)	Flavonoides	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval, 1833) (Noctuidae)	[39]Burgueño-Tapia <i>et al.</i> , 2010
<i>S. barba-johannis</i> (Asteraceae)	Flavonoides	<i>Leptinotarsa decemlineata</i> (Say) (Boisduval, 1833) (Coleoptera)	[39]Burgueño-Tapia <i>et al.</i> , 2010
<i>Melia azadirachta</i> L. (Meliaceae)	Terpenoides	<i>Rhopalosiphum padi</i> (L.) (Koch, 1854) (Aphididae) e <i>Sitobion avenae</i> (F.) (Fabricius, 1775) (Aphididae)	[40]Petroski e Stanley, 2009
<i>Lotus pedunculatus</i> Cav (Fabaceae)	Terpenoides	<i>Costelytra zealandica</i> (white) (Scarabaeidae)	[40]Petroski e Stanley, 2009
<i>Myristica fragrans</i> Hout (Myristicaceae) e <i>Cuminum cyminum</i> L. (Apiaceae)	Derivados lipídicos	<i>Sitophilus oryzae</i> L. (Schoenherr, 1838) (Curculionidae)	[41]Debnath <i>et al.</i> , 2012
<i>Cryptomeria japonica</i> (L.f.) D. Don. (Taxodiaceae)	Sesquiterpenos	<i>Locusta migratoria</i> L. (Linnaeus, 1758) (Acrididae)	[42]Kashiwagi <i>et al.</i> , 2007
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kruz (Leguminosae)	Flavonoides e sesquiterpenos	<i>Spodoptera litura</i> F. (Fabricius, 1775) (Noctuidae)	[43] Morimoto <i>et al.</i> , 2006
<i>Drimys winteri</i> J. R. (Winteraceae)	Sesquiterpenos	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval, 1833) (Noctuidae)	[44]Zapata <i>et al.</i> , 2009
<i>Swietenia mahoganii</i> (L.) Jacq. (Meliaceae)	Limonoides	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval, 1833) (Noctuidae)	[45]Abdelgaleil <i>et al.</i> , 2013
<i>Solanum tuberosum</i> (L.) (Solanaceae)	Glicoalcaloides	<i>Trogoderma granarium</i> (Everts, 1899)(Dermeestidae)	[46] Nenaah, 2011
<i>Lansium domesticum</i> Corr. Serr. (Meliaceae)	Terpenos	<i>Sitophilus oryzae</i> (L.) (Schoenherr, 1838) (Curculionidae)	[47]Omar <i>et al.</i> , 2007
<i>Xylocarpus granatum</i> KD K.D. Koenig. (Meliaceae)	Limonoides	<i>Mythimna separata</i> (Walker, 1865) (Noctuidae)	[48]Wu <i>et al.</i> , 2008
<i>Chloroxylon swietenia</i> DC. (Rutaceae)	Terpenos	<i>Spodoptera litura</i> (F.) (Fabricius, 1775)(Noctuidae)	[1]Kiran <i>et al.</i> , 2006
<i>Bobgunnia madagascariensis</i> (Fabaceae)	Flavonoide	<i>Tribolium castaneum</i> (Hubner.) (Tenebrionidae)	[49]Adeyemi <i>et al.</i> , 2010
<i>Cassia fistula</i> (Fabaceae)	Antraquinona	<i>Helicoverpa armigera</i> Hübner (Lepidoptera: Noctuidae)	[50]Duraipandiyane <i>et al.</i> , 2011
<i>Hymenocys robusta</i> (Asteraceae)	Sesquiterpeno	<i>Spodoptera exigua</i> (Hübner)(Noctuidae)	[51]Juárez <i>et al.</i> , 2014
<i>Clerodendron infortunatum</i> L. (Lamiales: Lamiaceae)	Lactona	<i>Helicoverpa armigera</i> Hübner (Lepidoptera: Noctuidae)	[52]Abbaszadeh <i>et al.</i> , 2014

3 Fatores Químicos

Os compostos conhecidos como “antifeedants” ou antialimentar, ou ainda inibidor de alimentação de insetos têm normalmente estruturas químicas mais oxidadas ou insaturadas [6]. A presença ou ausência de atividade tem sido justificada pelas diferenças estruturais observadas. Estudos têm revelado que alguns fatores como características moleculares, substituição, ponto de ebulição, lipofilia, conformação, distribuição eletrônica, geometria, energias HOMO e LUMO, podem predizer a capacidade de “antifeedants” [53].

A eficiência na atividade também tem sido relacionada à presença de centros quirais nas moléculas, de maneira que apenas um dos enantiômeros é o responsável pela bioatividade [54]. No entanto, isto não é regra e sendo assim, os testes biológicos devem incluir a avaliação da atividade de todos os estereoisômeros possíveis dos compostos bioativos quirais [29].

De acordo com Wang *et al.* [53] os “antifeedants” mais desenvolvidos e aplicados são Terpenóides, neste sentido esses autores analisaram uma série de compostos Terpenóides, sintetizados, para verificar estatisticamente a relação entre estrutura química e atividade “antifeedants” em relação a *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) e constatou que fatores como teor de oxigênio, volume molecular, energia HOMO e LUMO e carga positiva total são fatores químicos que interferem na atividade relacionada.

Existem algumas limitações para a produção em grande escala do terpenóides “antifeedants”, como baixas concentrações nas plantas, a difícil extração e isolamento de terpenóide. A síntese química de terpenóides “antifeedants”, é uma alternativa à extração, mas é problemática devido à complexidade da estrutura molecular e à presença de centros quirais que tornam sua síntese cara e demorada. Como uma possível solução, os terpenóides provenientes da planta podem ser quimicamente modificados [53, 26].

Justamente, devido aos percalços relatados acima, é que muitos trabalhos são direcionados para testes, que envolvem os compostos sintéticos, de origem comercial ou reacional (e não natural), baseados no conhecimento científico prévio, sobre quais as classes de compostos são boas alternativas de inibidores alimentares. A exemplo, cinquenta e um compostos derivados do etilcinamato (composto sintético de origem) foram sintetizados e testados por Bohman *et al.* [55] onde os compostos mais potentes foram metil 3-phenylpropanoates monossustituídos com grupos cloro, flúor, ou metil e o 3,4-dicloro metil-3-fenilpropanoato de metil.

Os ácidos alcanóicos de cadeia média, como por exemplo, o ácido nonanóico é relatado como componente antialimentar para espécies adultas do gorgulho *Hylobius abietis* (Linnaeus, 1758) [56]. De acordo com os mesmos autores, ácidos de cadeia linear C6-C10 apresentam ação antifeedants e a presença de uma ramificação metila, é suficiente para diminuir essa ação.

A Cinamamida é conhecida por ter um efeito antialimentar quando usado como um revestimento de sementes [57]. As saponinas são também “antifeedants” e mostram toxicidade oral para animais superiores e inferiores. Modificações estruturais em saponinas tais como a variação no esqueleto de carbono, ou a hidrólise de glicósidos de saponina e outros conjugados, podem alterar os seus efeitos biológicos [44]. De maneira similar, a ausência de um grupo epóxido na estrutura química do terpeno chamado Limonina, leva a redução da atividade na molécula [58].

Muitos monoterpenos de origem vegetal tem sido avaliado como antialimentares de insetos [59, 60, 61] revelam que os bons resultados obtidos quando os monoterpenos são testados, ocorrem devido a presença de grupos carbonila (C=O) e cadeia lateral com ligações tripla carbono-carbono (C≡C). Além disso, segundo os autores, ficou evidenciado que a redução

da atividade dos monoterpenos, está atrelada ao aumento da cadeia alquílica lateral, provavelmente devido ao efeito doador de elétrons desses grupos alquílicos e ao aumento do impedimento estérico.

4 Considerações finais

Observando os levantamentos e as considerações feitas pelos autores pode-se concluir que os estudos que envolvem uma combinação "interdisciplinaridade e atividade" podem ajudar no desenvolvimento de um "coquetel" de inibidores de alimentação que podem ser utilizados como uma formulação personalizada contra uma determinada categoria de praga, isto é, desenvolver potenciais biopesticidas.

Apesar de a aplicação prática de "antifeedants" ainda ser limitada e poucos deles, naturais ou sintéticos serem comercialmente disponíveis, a ideia geral parece ser a aplicação dos "antifeedants" de maneira ampla, isto é, para grande número de diferentes pragas alvo ou partes da planta. Outra vertente, bastante questionada, inclui as pesquisas com plantas geneticamente modificadas, como uma possibilidade para produzir as substâncias ativas antialimentar em quantidades elevadas o suficiente, para proteger as plantas de danos causados pelos insetos herbívoros.

Referências

- [1] KIRAN, S.R; REDDY, A.S; DEVI, P.S; REDDY, K.J. Insecticidal, antifeedant and oviposition deterrent effects of the essential oil and individual compounds from leaves of *Chloroxylon swietenia* DC. *Pest Management Science*, v.62, p.6-21. 2006
- [2] KALAVAGUNTA, P.K; PALA, R ; PATHIPATI, U.R; RAVIRALA, N. Identification of Naphthol Derivatives as Novel Antifeedants and Insecticides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.62, p.65-71. 2014
- [3] CLEVO, W. E CLEM, T. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics*, v.39, p.449-462. 2001
- [4] SCHOONHOVEN, L.M. Biological aspects of antifeedants. *Entomologia Experimental et Applicata*. v.31, p.57-69. 1982
- [5] JERMY, T. Prospects of antifeedant approach to pest control a critical review. *Journal of Chemical Ecology*.v.16 , p.3151-3166. 1990
- [6] KOUL, O. Phytochemicals and Insect Control: Na Antifeedant Approach. *Plant Sciences*. v.27, 1-24. 2008
- [7] SZCZEPANIK M. Studies on the biological activity of azadirachtin against lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* Panzer. *Arthropods Chemical, Physiological and Environmental Aspects* (ed. by D Konopinska), University of Wrocław, (2001), 228-233.
- [8] MOON, S.J; LEE, Y ; JIAO, Y ; MONTELL, C. A *Drosophila* Gustatory Receptor Essential for Aversive Taste and Inhibiting Male-to-Male Courtship. *Current Biology* v.19, p.1623-1627. 2009
- [9] ISMAN, M. Insect antifeedants. *Pesticide Outlook*, v.13, p.152-157. 2002

- [10] FRAZIER, J. L. The perception of plant allelochemicals that inhibit feeding. In: Molecular Aspects of Insect Plant Associations..Brattsten,L.B. and Ahmad, S., Eds., Plenum Press, New York, (1986), 1–42.
- [11] SIMMONDS, M.S.J; BLANEY, W.M; ESQUIVEL, B; RODRIGUEZ-HAHN, L. 1996. Effect of clerodane-type diterpenoids isolated from *Salvia* spp.on the feeding behaviour of *Spodoptera littoralis*. *Pesticide Science*, v.47, p.17–23. 1996
- [12] GUJAR, G.T E MEHROTRA, K.N. Biological activity of nem against the red pumpkin beetle, *Aulacophora foveicollis*, *Phytoparasitica* 16 (1988), 293-302.
- [13] PRADHAN, S., JOTWANI, M. S., AND RAI, B. K. THE NEEM SEED DETERRENT TO LOCUSTS. INDIAN FARMING. V.12, P.7–71.- SCHOONHOVEN, L.M. Biological aspects of antifeedants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v.31, p.57–69. 1982
- [14] DA SILVA, J. DE P; CROTTI, A.E.M; CUNHA, W.R. Antifeedant and allelopathic activities of the hydroalcoholic extract obtained from Neem (*Azadirachta indica*) leaves. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. v.17, n.4, p.529-532. 2007
- [15] REED, D.K;. WARTHEN, JR, J. D; . UEBEL, E. C;. REED, G. L. Effects of Two Triterpenoids from Neem on Feeding by Cucumber Beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) 1. *Journal of Economic Entomology* v.75, n.6, p.1109-1113. 2014
- [16] POPOVIC, Z; KOSTIĆ, M; STANKOVIĆ, S; MILANOVIĆ, S; SIVČEV, I; KOSTIĆ, I; KLJAJIĆ, P. Ecologically acceptable usage of derivatives of essential oil of sweet basil, *Ocimum basilicum*, as antifeedants against larvae of the gypsy moth, *Lymantria dispar*. *Journal of Insect Science* v.13, p.1-12. 2013
- [17] GEBBINCKA, E.A.K; JANSEN, B.J.M; GROOT, A. Insect antifeedant activity of clerodane diterpenes and related model compounds. *Phytochemistry* v.61, p.737–770. 2002
- [18] COLL, J. E TANDRÓN, Y. 2004. Neo-Clerodane diterpenes from *Teucrium fruticos*. *Phytochemistry* v.65, p.387–392. 2004
- [19] MUNOZ, D.M; DE LA TORRE, M.C; RODRIGUEZ, B; SIMMONDS, M.S.J; BLANEY, W.M. Neo-clerodane insect antifeedants from *Scutellaria aplina* subsp. *javalambrensis*. *Phytochemistry* v.44, p.593–597.
- [20] PIOZZI, F; BRUNO, M; ROSSELLI, S. Further furoclerodanes from *Teucrium* genus. *Heterocycles* v.48, p.2185–2203. 1998
- [21] BRUNO, M., VASSALLO, N., SIMMONDS, M.S.J. A diterpenoid with antifeedant activity from *Scutellaria rubicunda*. *Phytochemistry* v.50, p.973–976. 1999
- [22] SOSA, M.E., TONN, C.E., GIORDANO, O.S. Insect antifeedant activity of clerodane diterpenoids. *Journal Natural Products* v.57, p.1262–1265. 1994
- [23] KUBO, I E GANJIAN, I. Insect antifeedant terpenes, hot-tasting to humans. *Experientia*, v.37, p.1063-1064. 1981

- [24] PICMAN A.K. Biological activities of sesquiterpene lactones. *Biochemical Systematics and Ecology* v.14, p.255–281. 1986
- [25] MULLIN C.A; ALFATAFTA AA; HARMAN J.L; EVERETT S.L; SERINO A.A. Feeding and toxic effects of floral sesquiterpene lactones, diterpenes and phenolics from sunflower (*Helianthus annuus* L.) on western corn rootworm. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* v.39, p.3393–3399. 1991
- [26] PARUCH E, NAWROT J E WAWRZENCZYK C. Lactones: Part 11. Feeding deterrent activity of some bi- and tricyclic terpenoid lactones. *Pest Management Science* v.57, p.776–780. 2001
- [27] LOCHYNSKI S; FRACKOWIAK B; OLEJNICZAK T; CIUNIK Z E WAWRZENCZYK, C. Synthesis of chiral spirolactones with a carane system– insect feeding deterrents. *Tetrahedron: Asymmetry* v.13, p.1761–1767. 2002
- [28] SZCZEPANIK M; SZUMNY A; GRUDNIEWSKA A; WAWRZENCZYK C. Feeding deterrent activity of α -methylenelactones against the lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus* Panzer). *Pestycydy/Pesticides* v.4, p.25–32. 2005
- [29] SZCZEPANIK, M; GRUDNIEWSKA, A; ZAWITOWSKA, B; WAWRZENCZYKB, C. Structure-related antifeedant activity of halolactones with a p-menthane system against the lesser mealworm, *Alphitobiusdiaperinus* Panzer. *Pest Management Science* v.70, p.953–958. 2014
- [30] MONTEIRO, J.M; DE ALBUQUERQUE, U.P; ARAÚJO, E. DE LIMA; DE AMORIM, E.L.C. 2005.Taninos: uma abordagem da química à ecologia. *Química. Nova*, v. 28, n.5, p. 892-896.
- [31] GERSHENZON, J E CROTEAU, R. Terpenoids. In Rosenthal, G. A., and Berenbaum, M. R. (eds.) *Herbivores, Their Interactions With Secondary Plant Metabolites*. Vol. 1. The Chemical Participants, Academic Press, San Diego (1991), 165-219.
- [32] WRANGHAM, R. W; CONKLIN-BRITTAIN, N. L; HUNT, K, D. Dietary Response of Chimpanzees and Cercopithecines to Seasonal Variation in Fruit Abundance. I. Antifeedants. *International Journal of Primatology* v.19, p.949-970. 1998
- [33] KATHURIA, V and KAUSHIK, N. Feeding inhibition of *Helicoverpa armigera* (Hübner) by *Eucalyptus camaldulensis* and *Tylophora indica* extracts. *Insect Science* v.12, p.249-254. 2005
- [34] COLL, J E TANDRÓN, Y. Isolation and Identification of neo-Clerodane Diterpenes from *Ajuga remota* by High performance Liquid Chromatography. *Phytochemistry Analysis* v.16, p.61–67. 2005
- [35] MAZAHERY-LAGHAB, H; YAZDI-SAMADI ; BAGHERI, M; BAGHERI, A. R. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) shoot saponins: identification and bio-activity by the assessment of aphid feeding. *British Journal of Nutrition* v.105, p.62–70. 2011
- [36] CHUN-HUAN LI; XUE-MEI NIU; QIAN LUO; MING-JIN XIE; SHI-HONG LUO; YAN-YING ZHOU; SHENG-HONG LI. Novel Polyesterified 3,4-seco-Grayanane Diterpenoids as Antifeedants from *Pieris formosa*. *Organic Letters* v.12, p.2426-2429. 2010

- [37] YU, YONG-MING; YANG, JUN-SHAN; PENG, CHAO-ZHONG; CAER, VALERIE; CONG, PU-ZHU; ZOU, ZHONG-MEI; LU, YANG; YANG, SHI-YING; GU, YU-CHENG. Lactones from *Angiopteris caudatiformis*. *Journal Natural Products* v.72, p.921–924. 2009
- [38] NIHEI, K; ASAKA, Y; MINE, Y; YAMADA, Y; IIGO, M; YANAGISAWA, T; KUBO, I. Musidunin and Musiduol Insect Antifeedants from *Croton jatrophioides*. *Journal Natural Products* v.69, p.975-977. 2006
- [39] BURGUEÑO-TAPIA, E., GONZÁLEZ-COLOMA, A., MARTÍN-BENITO, D., AND JOSEPH-NATHAN, P. Antifeedant and phytotoxic activity of cacalolides and eremophilanolides. *Z. Naturforsch* v.62, p.362–366. 2007
- [40] PETROSKI, R.J E STANLEY, D. W. Natural Compounds for Pest and Weed Control. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* v.57, p.8171–8179. 2009
- [41] DEBNATH, N; DAS, S; GOSWAMI, A. Screening of Indian Medicinal Plant Derived Lipids for Bioactivity Against Rice Weevil *Sitophilus oryzae* (L.) Yields Two Antifeedants. *Proceedings of the Zoological Society* v.65, p.79–85. 2012
- [42] KASHIWAGI, T; WU, B; IYOTA, K ; CHEN, X.H; TEBAYASHE, S; KIM, C. Antifeedants against *Locusta migratoria* from the Japanese cedar *Cryptomeria japonica*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* v.71, p.966-970. 2007
- [43] MORIMOTO, M; HIROMI FUKUMOTO; MASSARU HIRATANI, WARINTHORN CHAVASIRI AND KOICHIRO KOMAI. Insect antifeedants, Pterocarpan and Pterocarpol in Heartwood of *Pterocarpus macrocarpus* Kruz. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* v.70, p.1864-1868. 2006
- [44] NELSON ZAPATA, FLOR BUDIA, ELISA VINUELA, PILAR MEDINA.. Antifeedant and growth inhibitory effects of extracts and drimanes of *Drimys winteri* stem bark against *Spodoptera littoralis* (Lep., Noctuidae). *Industrial Crops and Products* v.30, p.119–125. 2009
- [45] ABDELGALEIL , A.M; I DOE, M; NAKATANI, M.. Rings B,D-seco limonoid antifeedants from *Swietenia mahogani* Samir. *Phytochemistry* v.96, p.312–317. 2013
- [46] NENAAH, G. E. Toxic and antifeedant activities of potato glycoalkaloids against *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Stored Products Research* v.47, p.185-190. 2011
- [47] OMAR, S; MARCOTTE, M; FIELDS, P; SANCHEZ, P.E; POVEDA, L; MATA, R; JIMENEZ, A; DURST, T; ZHANG, J; MACKINNON, S; LEAMAN, D; ARNASON J.T; PHILOGÉNE, B.J.R.. Antifeedant activities of terpenoids isolated from tropical Rutales. *Journal of Stored Products Research* v.43, p.92–96. 2007
- [48] WU, JUN; ZHANG, SI; BRUHN, TORSTEN; XIAO, QIANG; DING, HAIXIN; BRINGMANN, GERHARD. Xylogranatins F–R: Antifeedants from the Chinese Mangrove, *Xylocarpus granatum*, A New Biogenetic Pathway to Tetranortriterpenoids. *Chemistry* v.14, n.4, p.1129–1144. 2008

- [49] ADEYEMI, M.M.; ADEBOTE, D.A; AMUPITAN, J.O; OYEWALE, A.O AND AGBAJI, A.S. Antifeedant Activity of Quercetin Isolated from the Stem Bark of *Bobgunnia madagascariensis* (Desv.) J.H.Kirkbr & Wiersema. (Caesalpiniaceae). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* v.4, p.3342-3346. 2010
- [50] DURAI PANDIYAN, V.; IGNACIMUTHU S; GABRIEL PAULRAJ, M. Antifeedant and larvicidal activities of Rhein isolated from the flowers of *Cassia fistula* L. *Saudi Journal of Biological Sciences* v.18, p.129–133. 2011
- [51] JUÁREZ, Z.N; FORTUNA, A.M; SÁNCHEZ-ARREOLA, E; LÓPEZ-OLGUÍN, J.F; BACH, H; AND HERNÁNDEZ, L.R. Antifeedant and Phagostimulant Activity of Extracts and Pure Compounds from *Hymenoxys robusta* on *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae. *Natural Product Communications* v.9, p.895–898. 2014
- [52] ABBASZADEH G, SRIVASTAVA C, WALIA S. Insecticidal and antifeedant activities of clerodane diterpenoids isolated from the Indian bhant tree, *Clerodendron infortunatum*, against the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Journal of Insect Science* v.14, p.1-13. 2014
- [53] WANG, Z; SONG, J.I.E; HAN, Z; JIANG, Z; ZHENG, W; CHEN, J; SONG,— Z; SHANG, S. Quantitative Structure-Activity Relationship of Terpenoid Aphid Antifeedants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* v.56, p.11361–11366. 2008
- [54] SZCZEPANIK, M; DAMS, I; WAWRZENCZYK, C. Terpenoid lactones with the p-menthane system as feeding deterrents to the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* v.128, p.337–345. 2008
- [55] BOHMAN, B.; NORDLANDER, G.; NORDENHEM, H.; SUNNERHEIM, K.; BORG-KARLSON, A.-K.; UNELIUS, C. R. Structure-Activity Relationships of Phenylpropanoids as Antifeedants for the Pine Weevil *Hylobius abietis*. *Journal Chemical Ecology* v.34, p.339–352. 2008
- [56] MANSSON, PER E; SCHLYTER, F.; ERIKSSON, C; SJÖDIN, K. Nonanoic acid, other alkanolic acids, and related compounds as antifeedants in *Hylobius abietis* pine weevils. *Entomologia Experimentalis et Applicata* v.121, p.191–201. 2006
- [57] WATKINS, R.W; MOSSON, H.J; GURNEY, J.E; COWAN, D.P; EDWARDS, J.P. Cinnamic acid derivatives: Novel repellent seed dressings for the protection of wheat seeds against the damage of fields slugs, *Deroceras reticulatum*. *Crop Protection* v.15, p.77–83. 1996
- [58] GOVINDACHARI, T. R., NARASIMHAN, N. S., SURESH, G., PARTHO, P. D., GOPALAKRISHNAN, G., AND KRISHNA KUMARI, G. N. Structure-related insect antifeedant and growth regulating activities of some limonoids. *Journal of Chemical Ecology* v.21, p.1585–1600. 1995
- [59] KOUL, O. Insect feeding deterrents in plants. *ijrsls - International Journal of Review in Life Sciences*. v.2, p.97–125. 1982
- [60] YANO, K. Relationship between chemical structure of phenylalkynes and their antifeedant activity for larvae of a cabbage butterfly. *Insect Biochemistry* v.16, p.717–719. 1986

PIRES, E. V. e CARVALHO, C. M. de

- [61] YANO, K. Minor components from growing buds of *Artemisia capillaris* that act as insect antifeedants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* v.35, p.889–891. 1987