

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO

**GAFANHOTOS DO RECÔNCAVO DA BAHIA: FENOLOGIA DE
Cylindrotettix sp. BRUNER, 1906 (ORTHOPTERA, LEPTYSMINAE)
E ECOTOXICOLOGIA DE *Cornops frenatum frenatum* (MARSHALL,
1836) EM CULTIVO DE *Heliconia* spp. L. (HELICONIACEAE)**

ALINE SANTOS DOS SANTOS

**CRUZ DAS ALMAS, BAHIA
FEVEREIRO, 2019**

GAFANHOTOS DO RECÔNCAVO DA BAHIA: FENOLOGIA DE *Cylindrotettix* sp. BRUNER, 1906 (ORTHOPTERA, LEPTYSMINAE) E ECOTOXICOLOGIA DE *Cornops frenatum frenatum* (MARSHALL, 1836) EM CULTIVO DE *Heliconia* spp. L. (HELICONIACEAE)

ALINE SANTOS DOS SANTOS

Licenciada em Biologia

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2014

Dissertação submetida ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Gonçalves Lhano

Co-Orientadora: Profa. Dra. Elissandra Ulbricht Winkaler

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

CURSO DE MESTRADO

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA – 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

S237g

Santos, Aline Santos dos.

Gafanhotos do Recôncavo da Bahia: fenologia de *Cylindrotettix* sp. Bruner, 1906 (Orthoptera, Leptysminae) e ecotoxicologia de *Cornops frenatum* frenatum (Marshall, 1836) em cultivo de heliconia spp. I. (Heliconiaceae) / Aline Santos dos Santos._ Cruz das Almas, BA, 2019.

70f.; il.

Orientador: Marcos Gonçalves Lhano.

Coorientadora: Elissandra Ulbricht Winkaler.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas.

1.Gafanhotos – Estrutura populacional – Diversidade biológica. 2.Heliconia – Cultivo. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 595.727

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO

**GAFANHOTOS DO RECÔNCAVO DA BAHIA: FENOLOGIA DE
Cylindrotettix sp. BRUNER, 1906 (ORTHOPTERA, LEPTYSMINAE)
E ECOTOXICOLOGIA DE *Cornops frenatum frenatum* (MARSHALL,
1836) EM CULTIVO DE *Heliconia* spp. L. (HELICONIACEAE)**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
ALINE SANTOS DOS SANTOS**

Realizada em 27 de Fevereiro de 2019

Prof. Dr. Marcos Gonçalves Lhano
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
Orientador

Dra. Suely Xavier de Brito Silva
Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia - ADAB/BA
Examinador Externo

Profa. Dra. Denise Soledade Peixoto Pereira
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

*A minha família, ao meu noivo
Ismael Alves e aos queridos
amigos pelo incentivo.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, coragem e perseverança!

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias pelo apoio ao longo desse trabalho;

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Mandioca e Fruticultura) no município de Cruz das Almas, Bahia, por ter concedido a liberação para realizar as coletas dos gafanhotos na “Fazendinha Orgânica”;

A proprietária do sítio “Granja São Luís”, senhora Ana, pela receptividade e liberação para realizar as coletas dos gafanhotos *Cornops frenatum frenatum*;

Aos pesquisadores e colaboradores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Mandioca e Fruticultura) no município de Cruz das Almas, Bahia, pelas contribuições para a realização deste trabalho;

A agência de financiamento CAPES pela concessão da bolsa;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Gonçalves Lhano, e a minha co-orientadora, Profa. Dra. Elissandra Ulbricht Winkaler, pela confiança e orientações;

Ao Prof. Dr. Marcio Lacerda pela identificação da espécie da herbácea *Cyperus rotundus* L.;

A todos aqueles que defendem a universidade pública de qualidade;

Aos colegas do laboratório de Ecologia e Taxonomia de Insetos (LETI): Murilo Campos, Railson Alves, Suelen França, André Caitité e especialmente a Ana Cátia Silva pelas contribuições nesse trabalho e boa amizade;

Aos amigos queridos que contribuíram de alguma forma para a realização desse estudo, Jamine Albanaz, Gean Carpinera e Leandro Silva;

Aos colegas do Laboratório de Ecotoxicologia Aquática (LABEA);

Aos funcionários desta instituição que colaboram direta ou indiretamente com o progresso científico;

À minha família pelo incentivo, amor e carinho ao longo dessa minha caminhada, em especial aos meus pais Aneliça Morais e Roque Gonçalves, aos meus sobrinhos Pedro Guilherme e Camila por me proporcionarem momentos de grande descontração;

Ao meu amado noivo Ismael Alves, pela compreensão, incentivo, companheirismo, amor e apoio em minhas escolhas;

E a todos que participaram direta e indiretamente para a realização desse trabalho.

Meu muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
REFERENCIAL TEÓRICO	1
 CAPITULO 1	
Fenologia de <i>Cylindrotettix</i> sp. Bruner, 1906 (Orthoptera, Leptysminae) associado a <i>Cyperus rotundus</i> L. (Cyperaceae), em Cruz das Almas, Bahia	
	22
 CAPITULO 2	
Biomarcadores bioquímicos de <i>Cornops frenatum frenatum</i> (Marshall, 1836) (Orthoptera, Acrididae, Leptysminae) em testes ecotoxicológicos	
	42
CONSIDERAÇÕES FINAIS	53

Gafanhotos do Recôncavo da Bahia: Fenologia de *Cylindrotettix* sp. Bruner, 1906 (Orthoptera, Leptysminae) e Ecotoxicologia de *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836) em cultivo de *Heliconia* spp. L. (Heliconiaceae)

Autora: Aline Santos dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Marcos Gonçalves Lhano

Co-orientadora: Profa. Dra. Elissandra Ulbricht Winkaler

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi determinar a fenologia de *Cylindrotettix* sp. (Bruner, 1906) e verificar a atividade enzimática da Glutathione-S-Transferase (GST) e Catalase (CAT) em machos e fêmeas do gafanhoto *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836). Os indivíduos de *Cylindrotettix* sp. foram coletados de julho de 2017 a junho de 2018, na Fazendinha Orgânica, localizada na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Mandioca e Fruticultura) em Cruz das Almas, BA. Foram capturados 163 indivíduos, sendo 56 adultos (21 fêmeas e 35 machos) e 107 ninfas (22 classificadas na categoria “A” e 85 na categoria “B”). Observou-se que tanto adultos quanto ninfas de *Cylindrotettix* sp. apresentaram maior abundância em meses com maior temperatura e radiação solar e baixa umidade e precipitação o que indica que a população é influenciada diretamente pelas condições climáticas. Já os indivíduos de *C. f. frenatum* foram coletados em cultivos de *Heliconia* ssp. na Fazenda Experimental do CCAAB/UFRB (Cruz das Almas/BA) e no sítio “Granja São Luís” (Conceição do Jacuípe/BA). Foram utilizados 50 intestinos médio de fêmeas e 80 de machos de cada ponto de coleta, o que correspondeu a 10 amostras de cada (fêmea e macho) da área analisada. Pelo teste da ANOVA, encontrou-se diferença significativa na atividade das enzimas GST e CAT, na interação entre os pontos de coletas (Fazenda Experimental da UFRB/CCAAB e “Granja São Luis”) e entre sexos (machos e fêmeas).

Palavras-chave: Acrididae, Autoecologia, Catalase (CAT), Glutathione-S-Transferase (GST), População.

Grasshoppers of the Recôncavo of Bahia: Phenology of *Cylindrotettix* sp. Bruner, 1906 (Orthoptera, Leptysminae) and ecotoxicology of *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836) in *Heliconia* spp. L. (Heliconiaceae)

Author: Aline Santos dos Santos

Advisor: Prof. PhD. Marcos Gonçalves Lhano

Coadvisor: Prof. PhD. Elissandra Ulbricht Winkaler

ABSTRACT. The aim of this study was to determine the phenology of *Cylindrotettix* sp. (Bruner, 1906) and to verify the enzymatic activity of Glutathione-S-Transferase (GST) and Catalase (CAT) in males and females of the grasshopper *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836). Individuals of *Cylindrotettix* sp. were collected from July 2017 to June 2018, at Fazenda Orgânica, located at the Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Mandioca e Fruticultura) in Cruz das Almas, State of Bahia. A total of 163 individuals were captured, 56 adults (21 females and 35 males) and 107 nymphs (22 classified in category "A" and 85 in category "B"). It was observed that both adults and nymphs of *Cylindrotettix* sp. showed higher abundance in months with higher temperature and solar radiation, low humidity and precipitation, which indicates that the population is influenced directly by the climatic conditions. The individuals of *C. f. frenatum* were collected on *Heliconia* ssp. at the Fazenda Experimental of the CCAAB/UFRB (Cruz das Almas/BA) and at the "Granja São Luís" site (Conceição do Jacuípe / BA). Fifty female and 80 male midgut from each collection point were used, which corresponded to 10 samples of each (female and male) of the analyzed area. By the ANOVA test, a significant difference was observed in the activity of the GST and CAT enzymes, in the interaction between the collection points (Experimental Farm of UFRB / CCAAB and "Granja São Luís") and between genders (males and females).

Keywords: Acrididae, Autoecology, Catalase (CAT), Glutathione-S-Transferase (GST), Population.

REFERENCIAL TEÓRICO

1. Ordem Orthoptera

A Ordem Orthoptera tem seus primeiros registros fósseis datados no Período Carbonífero (CARPENTER; BURNHAM, 1985), na Era Paleozóica, há 300 milhões de anos (PRICE, 1997). São cosmopolitas, mais abundantes nas regiões tropicais e subtropicais, ocorrendo também em habitats frios de grande altitude ou de latitudes altas, e estão ausentes nas regiões polares (SPERBER et al., 2012).

Dentre os insetos, Orthoptera é considerado o sexto grupo mais diverso no mundo (SONG et al., 2015), com cerca de 28.060 espécies descritas (CIGLIANO et al., 2018).

Estão subdivididos em duas subordens: Ensifera e Caelifera (GRIMALDI; ENGEL, 2005). Ensifera compreende os grilos e esperanças, que apresentam antenas longas e ovipositor longo (em forma de faca ou de foice, como nos Tettigonioidea, ou cilíndrico no caso de Grylloidea). Já Caelifera reúne os gafanhotos, que possuem como características antenas e ovipositor curtos (NUNES-GUTJAHR; BRAGA, 2014).

Orthoptera constitui um grupo com representante de alimentação variada, sendo a maioria de suas espécies herbívoras, alimentando-se de algas, musgos e partes das plantas (AYALA, 2014).

A maioria das espécies de Orthoptera são terrestres, porém algumas mantêm íntima relação com ambientes aquáticos, o que as qualifica como insetos semiaquáticos, como é o caso das subfamílias de Acrididae: Leptysminae, Marelliinae e Pauliniinae (LHANO, 2006). Isso é verificado principalmente por suas características morfológicas adaptadas para nadar e mergulhar, pelo tipo de oviposição e pela especificidade alimentar de algumas espécies em relação às suas plantas hospedeiras (NUNES-GUTJAHR; BRAGA, 2014).

São principalmente de hábitos diurnos, mas algumas espécies (sobretudo Ensifera) realizam as atividades de acasalamento, alimentação e ecdise

geralmente à noite. Sua reprodução é sexuada e apresentam desenvolvimento hemimetábolo passando pelos estágios de ovo, ninfa e adultos, e em torno de cinco ou seis mudas (SPERBER et al., 2012; CARRANO-MOREIRA, 2015). Os aspectos de comportamento, como a produção de sons e sinais ópticos emitidos são usados para distinguir e diferenciar as famílias (RIEDE 1987).

A importância econômica dos ortópteros é decorrente ao fato de que algumas espécies se tornam pragas agrícolas. O tipo de dano que ocasionam nos cultivos se deve ao comportamento gregário e/ou migratório de algumas espécies que formam as chamadas "nuvens de gafanhotos" (BUHL et al., 2011). Para Lecoq (1991), no Brasil são pelo menos 20 espécies de gafanhotos com importância econômica ocorrendo em diferentes regiões geográficas. Destas podem-se destacar a espécie *Baeacris punctulatus* (Thunberg, 1824) (Melanoplinae) relatada causando danos em lavouras mato-grossenses, em especial no município de Campo Novo dos Parecis (GUERRA; OLIVEIRA; PUJOL-LUZ, 2012), e *Eutropidacris cristata* (Linnaeus, 1758) relatada por Zanetti et al. (2003) atacando plantações de eucaliptos em Minas Gerais.

Ecologicamente, são desfolhadores naturais importantes nas comunidades de invertebrados de pastagem, particularmente como recicladores de nutrientes, presas de muitas espécies de aves (BADENHAUSSER, 2015) e são considerados elementos indispensáveis na cadeia trófica (NUNES-GUTJAHR; BRAGA, 2011).

Além disso, os gafanhotos são conhecidos por serem bons indicadores ambientais (JONAS; JOEREN, 2007). Desta forma, Terra et al. (2017) destacam que estes insetos são sensíveis a perturbações, podendo ser utilizados como indicadores, tanto quando ocorre degradação do manejo da terra, como mudança de habitat.

1.1. Considerações sobre a subfamília Leptysminae

São conhecidas 6.517 espécies e 1.033 subespécies válidas mundialmente para a Família Acrididae, das quais 81 espécies são semiaquáticas (sendo 50 de ocorrência no Brasil), pertencentes às subfamílias Leptysminae, Marellinae e Pauliniinae, e que estão distribuídas especificamente na região Neotropical (NUNES-GUTJAHR; BRAGA, 2014).

A subfamília Leptysminae tem 76 espécies e 28 subespécies (CIGLIANO et al., 2019). Segundo Roberts e Carbonell (1980), a subfamília inclui as tribos Chloropseustini, Leptysmini e Tetrataeniini. A tribo Leptysmini compreende 9 gêneros, distribuídos da Argentina até o Sul dos Estados Unidos. Tetrataeniini compreende 14 gêneros e ocorre da latitude do Sul da zona temperada do Uruguai e Argentina até o Sul do México. Por sua vez, Chloropseustini inclui apenas um gênero áptero distribuído na região Amazônica (ROBERTS 1975; ROBERTS 1978; ROBERTS; CARBONELL, 1980; LHANO, 2006).

Esta subfamília se destaca por apresentar espécies com interesse econômico, como por exemplo, o gafanhoto *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836) (Orthoptera: Acrididae; Leptysminae). Conforme ADIS et al. (2007), plantas do gênero *Heliconia* ssp. (Zingiberales: Heliconiaceae) são hospedeiras desta espécie e têm se apresentado como adequadas fontes alimentares (LEMOS et al., 2010). Braga, Nunes e Adis (2007) observaram que a oviposição de *C. f. frenatum* é endofítica, o que pode representar expressivos danos para as helicônias cultivadas para fins comerciais. Por outro lado, a espécie *Cornops aquaticum* (Bruner, 1906), é considerada como possível agente de controle biológico para espécies de macrófitas, especialmente *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth e *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, importantes pragas em ambientes aquáticos (ADIS et al., 2007).

Em trabalho de revisão sobre a subfamília Leptysminae, Roberts e Carbonell (1980) salientam que as plantas hospedeiras e de alimentação alternativa, o local da oviposição e o ciclo de vida da maioria das espécies são desconhecidos. Dessa forma, percebe-se a necessidade de trabalhos relacionados a essa subfamília.

2. Fenologia em Orthoptera

Segundo Forrest e Miller-Rushing (2010), a fenologia é o estudo dos eventos biológicos sazonais recorrentes e existe há séculos como campo de investigação científica. Estudos nessa área podem determinar o estágio de desenvolvimento alcançado por um organismo ou população no momento em que se cruza com componentes particulares de seu ambiente. Assim, a fenologia

constitui um importante elemento estruturante em quase todas as áreas de ecologia e evolução (FORREST; MILLER-RUSHING, 2010).

A fenologia dos insetos pode ser sensível às mudanças climáticas, pois as taxas de crescimento e a emergência da diapausa de inverno estão diretamente ligadas às temperaturas em muitas espécies (BALE et al., 2002). Conforme Logan, Wolesensky e Joern (2006), baixas temperaturas retardam o desenvolvimento e aumentam a duração dos períodos em que os artrópodes estão em suas várias fases da vida, por outro lado, as altas temperaturas aceleram o desenvolvimento e podem causar a emergência precoce do estágio de ovo e uma progressão mais rápida do estágio ninfal ou de outros estágios.

A insolação representa um fator importante para os gafanhotos, pois permite que eles se desenvolvam a uma taxa significativa e se reproduzam, o que contribui para a dinâmica da população (BEGON, 1983). A luz solar é a forma mais comum da termorregulação comportamental em Acrididae (LACTIN; JOHNSON, 1998).

Olfert e Weiss (2006) destacam que, temperaturas extremas podem estar associadas a alterações demográficas e estas poderiam ocasionar populações de gafanhotos. Isso demonstra a importância de conhecer a fenologia dos insetos, principalmente aqueles com importância econômica, como é o caso de algumas espécies pragas de gafanhotos.

Silva et al. (2010a), em seu trabalho de fenologia sobre o gafanhoto *Cornops aquaticum* no Norte do Pantanal de Mato Grosso, verificaram a ocorrência de adultos e ninfas durante um ano, sugerindo a ocorrência de mais de um período reprodutivo. Os autores sugeriram que *C. aquaticum* é uma espécie em reprodução contínua na baía de Piuval e seu ciclo está associado às condições ambientais guiadas pelo pulso de inundação do Pantanal de Mato Grosso. Os mesmos autores também analisaram a variação do peso fresco em *C. aquaticum* associado à *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae) e verificaram que esta está correlacionada as mudanças sazonais (SILVA et al., 2010b). Nesse estudo, os autores observaram maior variação no peso fresco médio das fêmeas em período de enchente, o que pode evidenciar uma estratégia reprodutiva da espécie, corroborando que a alternância de períodos de inundação que ocorre sazonalmente no Pantanal pode interferir na biologia da espécie e na sua dinâmica populacional.

Nas zonas úmidas no Nordeste da Argentina nas Províncias de Corrientes e Chaco, Gallardo et al. (2015) analisaram a variação da biomassa seca de *Cornops aquaticum* em duas plantas hospedeiras: *Eichhornia azurea* e *Eichhornia crassipes*. Para esse estudo, não foram encontradas diferenças significativas entre as duas áreas para a massa seca, mas apontaram que os altos valores da biomassa especialmente dos adultos, enfatiza a importância desse gafanhoto como consumidor das macrófitas aquáticas e um recurso para predadores nas cadeias alimentares.

Braga et al. (2011), destacaram no estudo de fenologia em um Lago de Várzea na Amazônia Central com *C. aquaticum*, que a abundância e a biomassa de adultos e ninfas, bem como seus hospedeiros de macrófitas aquáticas (*Eichhornia crassipes*), estão relacionados a variação hídrica (pulso de inundação) dos rios amazônicos.

Cárdenas et al. (2017) realizaram uma pesquisa para compreender a biologia do gafanhoto *Chorthippus vagans* (Eversmann, 1848) (Gomphocerinae) e sua relação com as características ambientais na Península Ibérica. Os resultados indicaram que *C. vagans* apresentam um período de atividade reprodutiva prolongada que atinge o pico no final do verão. Os autores também destacaram que é uma espécie univoltina na área de pesquisa, com a presença de ninfas na primavera e adultos principalmente no verão.

Foi observado que ninfas de *Acrostira euphorbiae* (Garcia-Becerra e Oromí, 1992) (Pamphagidae) nas Ilhas Canárias foram mais abundantes no inverno, época em que folhas de *Euphorbia lamarckii* (Robert Sweet, 1818) (Euphorbiaceae) estão mais disponíveis (LOPEZ et al., 2007), ao passo que os adultos são mais abundantes na primavera, no verão e no outono. Nesse estudo fenológico, os autores observaram também que os machos desenvolvem-se mais rapidamente do que as fêmeas, sugerindo uma aparente estratégia reprodutiva baseada na maturidade sexual para coincidir com fêmeas submetidas à ecdise.

Para além da subordem Caelifera, alguns trabalhos de sazonalidade foram desenvolvidos com Ensifera. Barranco, Gilgado e Ortuño (2013) realizaram o estudo de biometria, biologia e fenologia do grilo *Nemobius interstitialis* (Gilgado e Ortuño, 2013) (Nemobiinae) nas montanhas em Guadarrama (Madri, Espanha), e observaram que essa espécie é univoltina, com desenvolvimento pós-embrionário de março a agosto e a maior população de adultos ocorreu durante o outono, assim como das ninfas.

3. Biomarcadores Enzimáticos Glutathiona-S-Transferase (GST) e Catalase (CAT)

Para Oost, Beyer e Vermeulen (2003), biomarcadores são alterações observadas em organismos em nível molecular, genético, bioquímico e histopatológico (que podem ou não gerar consequências ao indivíduo) que integram dados bióticos aos abióticos a fim de obter informações a respeito de um determinado ambiente. Segundo Martín-Villamil, Gavilá e Vaello (2016) o uso de biomarcadores tornou-se uma ferramenta útil na ecotoxicologia para avaliar os efeitos da poluição química no meio ambiente.

Quando um organismo encontra-se exposto a muitos poluentes, seus processos metabólicos de desintoxicação aumentam, o que conseqüentemente elevam os níveis de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) ocasionando o que é chamado de Estresse Oxidativo (OOST; BEYER; VERMEULEN, 2003). Embora as EROs sejam fundamentais para os processos biológicos normais (sinalizadores intracelulares e defesa contra infecções), elas são potencialmente perigosas, podendo causar lesões celulares por peroxidação de lipídios, proteínas e danos aos ácidos nucléicos, como esquematizado na Figura 1 (RAY; HUANG; TSUJI, 2012).

Os sistemas de defesa que inibe a formação ou limita a ação de oxirradicais incluem as enzimas antioxidantes tais como, a Superóxido Dismutase (SOD), a Catalase (CAT), Glutathiona-Peroxidase (GPx), Glutathiona-S-Transferase (GSTs) e a Glutathiona-Redutase (GRed) (GONZÁLEZ-GONZÁLEZ et al., 2014). O aumento da atividade enzimática desses biomarcadores reestabelece o equilíbrio redox (REGOLI; GIULIANI, 2014).

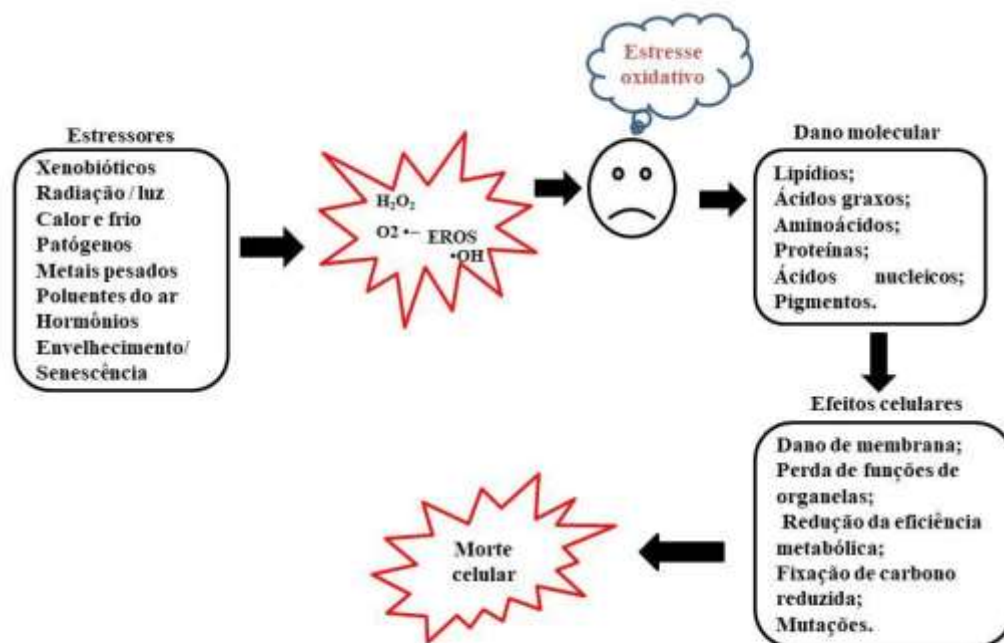


Figura 1. Esquema com os iniciadores (estressores) de espécies reativas de oxigênio (ROS) e as consequências biológicas que levam a uma variedade de disfunções fisiológicas que podem levar à morte celular (Scandalios, 2005 – adaptado).

Quando o indivíduo tem contato com substâncias estranhas (xenobióticos) geralmente ocorrem reações de biotransformação dividida em Fases I e II, objetivando o metabolismo desses compostos exógenos o mais rápido possível, gerando compostos mais lipossolúveis e de fácil excreção (JANCOVA; ANZENBACHERB; ANZENBACHEROVA, 2010).

As reações de Fase I são de oxidação, redução ou hidrólise, e as reações de Fase II envolvem a conjugação. Os produtos desses processos são frequentemente mais reativos ou mais tóxicos que os iniciais, porém são mais instáveis e facilmente excretados (OOST; BEYER; VERMEULEN, 2003; GONZÁLEZ; GUERRA, 2014). A glutathione-S-transferase, uma das principais enzimas de desintoxicação da Fase II, está envolvida no metabolismo dos xenobióticos e desempenha um papel importante na proteção celular contra o estresse oxidativo (JANCOVA; ANZENBACHERB; ANZENBACHEROVA, 2010).

As Glutathione S-Transferases (GSTs) compreendem uma família de enzimas multifuncionais que catalisam a conjugação da Glutathione na forma

reduzida (GSH) com compostos endógenos e exógenos dos organismos (HUBER; ALMEIDA; FÁTIMA, 2008). Essas enzimas desempenham um papel importante na desintoxicação de epóxidos derivados de Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) e cetonas alfa-beta não saturadas. Além disso, uma série de compostos endógenos, como prostaglandinas e esteróides, são metabolizados por meio da conjugação da glutathione (BLADEREN, 2000).

Em insetos, as GSTs são proteínas de interesse científico por suas habilidades em degradar vários inseticidas e herbicidas, além disso, promover o transporte intracelular de hormônios, metabólitos e atuam na proteção celular contra o estresse oxidativo (ENAYATI; RANSON; HEMINGWAY, 2005). Nesses organismos são encontradas pelo menos seis classes de GSTs: Delta, Épsilon, Ômega, Sigma, Teta e Zeta, sendo, as classes Delta e Épsilon exclusivas de insetos (KETTERMAN; SAISAWANG; WONGSANTICHON, 2011; SHI et al., 2012).

Outra enzima importante é a Catalase (CAT), que atua no mecanismo de defesa contra o estresse oxidativo e está localizada nos peroxissomos, os quais estão associados ao metabolismo de ácidos graxos. O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) produzido durante a oxidação do ácido graxo peroxissomal é degradado pela CAT a fim de evitar a formação de radicais $OH\cdot$ que podem vir a causar danos às membranas (TAN et al., 2014). A produção de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é fundamental para sinalização celular normal, mas sua presença pode se tornar perturbador em quantidades excessivas, o que pode danificar células e seus tecidos circundantes. Dessa forma, a eliminação adequada do peróxido é indispensável para a homeostase (KUMAR et al., 2016).

Esta enzima pode agir da seguinte forma: (1) em baixa concentração de H_2O_2 , ocorre a oxidação através de diversas moléculas doadoras de hidrogênio (como etanol, metanol, etc): $RH_2 + H_2O_2 \rightarrow R + H_2O$; (2) em alta concentração de H_2O_2 , ocorre a rápida decomposição em H_2O e O_2 (SCANDALIOS, 2005).

Segundo Scandalios (2005), por causa de sua ampla distribuição, conservação evolutiva e capacidade de degradar rapidamente o peróxido de hidrogênio, foi proposto que a CAT desempenha um papel importante nos organismos que evoluíram e se adaptaram para viverem em ambientes aeróbicos.

Estudos Ecotoxicológicos em Arthropoda

A agricultura moderna, a industrialização e o aumento do uso de veículos levaram a altas concentrações de metais pesados, como chumbo, níquel, cromo, cádmio, alumínio, mercúrio e zinco no ambiente (ATAFAR et al., 2010). Estes compostos são transportados pela atmosfera em formas de gases e partículas (UEMATSU et al. 2010), podendo ser depositados no solo e bioacumulados nos organismos vivos (AYRAULT et al., 2016).

Um método eficiente para se avaliar os efeitos toxicológicos de compostos químicos sobre organismos é a utilização de testes ecotoxicológicos (ZAGATTO; BETOLETTI, 2008). Com o emprego destes testes, é possível estudar os efeitos de uma ou mais substâncias sobre os indivíduos vivos em nível populacional ou em comunidades abrangendo a interação das substâncias com o ambiente e os organismos que ali habitam (ZAGATTO; BETOLETTI, 2008).

Os organismos utilizados nos bioensaios devem seguir os seguintes critérios: representatividade em um determinado grupo de importância ecológica, pertinência como membro dentro da cadeia trófica, sensibilidade constante e apurada às substâncias e apresentarem alterações bioquímicas, fisiológicas, morfológicas ou comportamentais (MAGALHÃES; FERRÃO-FILHO, 2008). Relacionado a esses fatores, Azam et al. (2105) salientam que borboletas e gafanhotos têm sido utilizados com sucesso como bioindicadores para poluição ambiental e contaminação de metais pesados, em locais próximos de parques industriais e até mesmo dentro de áreas urbanas.

A presença de metais, como Cádmio, Cromo, Molibdênio, Níquel e Zinco foram detectados em três ordens de insetos (Orthoptera, Odonata e Lepidoptera), utilizadas como bioindicadores de metais pesados em uma área industrial no Paquistão (AZAM et al., 2105). No Brasil, Corbi et al. (2011) observaram a presença de metais pesados em indivíduos da família Belostomatidae (Hemiptera) e Libellulidae (Odonata), em áreas cultivadas com de cana-de-açúcar, associada ao uso de fertilizantes. Nesse estudo, as concentrações de metais nos insetos foram maiores perto dos cultivos de cana-de-açúcar do que nos locais de controle e os Libellulidae acumularam maiores concentrações de metais do que os Belostomatidae.

Após a exposição de gafanhotos *Oxya chinensis* (Thunberg, 1815) (Oxyinae) (ninfas e adultos) ao Cádmiio (Cd), Zhang et al. (2011) avaliaram o nível de estresse oxidativo desses indivíduos e verificaram uma diminuição da atividade enzimática da Glutathione peroxidase (GPx), da superóxido dismutase (SOD) e Catalase (CAT).

Badiou-Bénéteau et al. (2012), avaliaram a atividade da Acetilcolinesterase (AChE), Carboxilesterases (CaE1, CaE2, CaE3), Glutathione-S-Transferase (GST), Fosfatase Alcalina (ALP) e Catalase (CAT) em abelhas *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) (Apidae) expostas ao xenobiótico thiamethoxam. Esse composto tóxico provocou aumento das enzimas CAT e GST e efeitos diferenciais para isoformas de CaEs com uma diminuição de CaE1 e CaE3 e um aumento de CaE2, ALP e CaE3 exibiram variações de contraste, mas apenas a 2,56 ng de abelha-1.

Narra (2014) verificou o efeito de Clorpirifós (CPF), em *Barytelphusa guerini* (H. Milne Edwards, 1853) (Gecarcinucidae) caranguejo de água doce. Esse organofosfato amplamente aplicado na agricultura e na aquicultura induz o estresse oxidativo devido à geração de radicais livres e mudanças no sistema de defesa antioxidante. A exposição à CPF levou a uma diminuição significativa da atividade dos marcadores de estresse oxidativo, tais como a Acetilcolinesterase (AChE), Butyrylcholinesterase (BChE), já a Catalase e a Peroxidação Lipídica (LPO) aumentaram.

Augustyniak, Babczyńska e Augustyniak (2009), analisaram o efeito do (Zn) Zinco nas mesmas concentrações do ambiente poluído em ninfas de *Chorthippus brunneus* (Acrididae) na Polônia. Segundo os autores, os imaturos apresentaram menor atividade enzimática da glutathione comparado com as ninfas do local de referência.

Os estudos ecotoxicológicos com os organismos de solo no Brasil são poucos desenvolvidos, e os grupos de ambientes terrestres mais utilizados nestes tipos de pesquisas são colêmbolos, minhocas e enquitreídeos, além de organismos aquáticos com algas, poliquetas, peixes e microcrustáceos (BIANCHI et al., 2010).

Assim, o presente estudo apresenta dois capítulos em forma de artigos a serem submetidos no periódico *Journal of Orthoptera Research*.

Capítulo 01: Fenologia de *Cylindrotettix* sp. Bruner, 1906 (Orthoptera, Leptysminae) associado a *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae), em Cruz das Almas, Bahia

Periódico: Journal of Orthoptera Research

Capítulo 02: Biomarcadores bioquímicos de *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836) (Orthoptera, Acrididae, Leptysminae) em testes ecotoxicológicos.

Periódico: Journal of Orthoptera Research

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADIS, J.; BUSTORF, E.; LHANO, M. G.; AMEDEGNATO, C.; NUNES, A. L. Distribution of *Cornops* grasshoppers (Leptysminae: Acrididae: Orthoptera) in Latin America and the Caribbean Islands. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 42, n. 1, p. 11-24, 2007.

ATAFAR, Z.; MESDAGHINIA, A.; NOURI, J.; HOMAEE, M.; YUNESIAN, M.; AHAMADIMOGHADDAM, M.; MAHVI, A. H. Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 160, n. 1– 4, p. 83–89, 2010.

AUGUSTYNIAK, M.; BABCZYŃSKA, A.; AUGUSTYNIAK, M. Does the grasshopper *Chorthippus brunneus* adapt to metal polluted habitats? A study of glutathione-dependent enzymes in grasshopper nymphs. **Insect Science**.v.16, p.33-42, 2009.

AYALA, L. M. Estudio y seguimiento de la fauna de Orthoptera de un entorno natural sometido a un programa de restauración ecológica en el sur de La Península Ibérica. **Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba**. p.1-304, 2014.

AYRAULT S.; CATINON M.; BOUDOUMA O.; BORDIER L.; AGNELLO G.; REYNAUD S.; TISSUT M. Metal exposure in cows grazing pasture contaminated by iron industry: Insights from magnetic particles used as tracers. **Environmental Pollution**, v.212 p. 565-573, 2016.

AZAM, I.; AFSHEEN, S.; ZIA, A.; JAVED, M.; SAEED, R.; SARWAR, M. K.; MUNIR, B. Evaluating insects as bioindicators of heavy metal contamination and accumulation near Industrial Area of Gujrat, Pakistan. **BioMed Research International**, v.2015, p.11, 2015.

BADENHAUSSER, I.; GROSS, N.; CORDEAU, S.; BRUNETEAU, L.; VANDIER, M. Enhancing grasshopper (Orthoptera: Acrididae) communities in sown margin strips: the role of plant diversity and identity. **Arthropod-Plant Interactions**. v. 9, n. 4, p. 333-346, 2015.

BADIOU-BÉNÉTEAU, A.; CARVALHO, S. M.; BRUNET, J.L.; CARVALHO, G. A.; BULETE, A.; GIROUD, B.; BELZUNCES, L. P. Development of biomarkers of exposure to xenobiotics in the honey bee *Apis mellifera*: Application to the systemic insecticide thiamethoxam. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 82 p.22–31, 2012.

BALE, J. S.; MASTERS, G. J.; HODKINSON, I. D.; AWMACK, C.; BEZEMER, T. M.; BROWN, V. K. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. **Global Change Biology**, v. 8, p. 1–16, 2002.

BARRANCO, P.; GILGADO, J. D.; ORTUÑO, V. M. A new mute species of the genus *Nemobius* Serville (Orthoptera, Gryllidae, Nemobiinae) discovered in colluvial, stony debris in the Iberian Peninsula: A biological, phenological and biometric study. **Zootaxa** v. 3691 n. 2 p. 201–219, 2013.

BEGON, M. Grasshopper populations and weather: the effects of insolation on *Chorthippus brunneus*. **Ecological Entomology**, v. 8, p. 361-370, 1983.

BIANCHI, M. O.; CORREIA, M. E. F.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C. Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados do solo. **Embrapa Agrobiologia. Documentos**, 2010. p.36.

BLADEREN.; P. J. V. Glutathione conjugation as a bioactivation reaction. **Chemico-Biological Interactions**, v. 129 p. 61–76, 2000.

BRAGA, C. E.; NUNES-GUTJAHR, A. L.; MORAIS, J. W.; ADIS, J. Fenologia de *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) associado a *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) em um Lago de Várzea na Amazônia Central, Brasil. **Rev. Soc. Entomol**, v. 70 p.185-196, 2011.

BRAGA, C. E.; NUNES, A. L.; ADIS, J. *Cornops frenatum frenatum* (Marchall, 1836) Orthoptera, Acrididae, Leptysminae): ocorrência e oviposição em quatro espécies de *Heliconia* (Heliconiaceae) na América Central, Brasil. **Amazoniana**, v. 19, n. 3/4, p. 227-231, 2007.

BUHL, J.; SWORD, G.A.; CLISSOLD, F.J.; SIMPSON, S.J. Group structure in locust migratory bands. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 65 n. 2 p. 265-273, 2011.

CÁRDENAS, A. M.; GALLARDO, P.; MOYANO, L.; PRESA, J.J. Autoecology, feeding preferences and reproductive biology of *Chorthippus (Glyptobothrus) vagans* (Eversmann, 1848) (Orthoptera: Gomphocerinae) in Mediterranean ecosystems. **Bulletin of Entomological Research**, v. 107 p. 21-31, 2017.

CARPENTER, F. M.; BURNHAM, L. The geological record of Insects. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**. v.13 p.297-314, 1985.

CARRANO-MOREIRA, A. F. **Insetos: Manual de Coleta e identificação**. 2º ed. Rio de Janeiro, Technical Books, p. 142-143, 2015.

CIGLIANO, M. M.; BRAUN, H.; EADES, D. C.; OTTE, D. **Orthoptera Species File**. Version 5.0/5.0. 2018. Disponível em: <<http://Orthoptera.SpeciesFile.org>> Acesso em 20. Jan. 2018.

CIGLIANO, M. M.; BRAUN, H.; EADES, D. C.; OTTE, D. **Orthoptera Species File**. Version 5.0/5.0. 2019. Disponível em: <<http://Orthoptera.SpeciesFile.org>> Acesso em 04. Fev. 2019

CORBI, J. J.; FROELICH, G.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; SANTOS, A. Evaluating the use of predatory insects as bioindicators of metals contamination due to sugarcane cultivation in neotropical streams. **Environmental Monitoring and Assessment**, 177:545-554, 2011.

ENAYATI, A. A.; RANSON H.; HEMINGWAY, J. Insect glutathione transferases and insecticide resistance. **Entomological Society, Insect Molecular Biology**, v. 14, p. 3–8, 2005.

FORREST, J.; MILLER-RUSHING, A. J. Toward a synthetic understanding of the role of phenology in ecology and evolution. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 365, p. 3101–3112, 2010.

GALLARDO, L. I.; FRANCESCHINI, M. C.; POI, A. S. G.; WYSIECKI, M. L. Biomasa de *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) en humedales del nordeste de Argentina. **Revista de Biología Tropical**, vol. 63, n.1, p.127-138, 2015.

GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, E. D.; GÓMEZ-OLIVÁN, L. M.; GALAR-MARTÍNEZ, M.; VIEYRA-REYES, P.; ISLAS-FLORES, HARIZ.; GARCÍA-MEDINA, S.; JIMÉNEZ-VARGAS, J. M.; RAZO-ESTRADA, C.; PÉREZ-PASTÉN, R. Metals and nonsteroidal anti-inflammatory pharmaceuticals drugs present in water from Madín Reservoir (Mexico) induce oxidative stress in gill, blood, and muscle of common carp (*Cyprinus carpio*). **Environmental Contamination and Toxicology**, v. 67, n. 2, p. 281–295, 2014.

GRIMALDI, D.; ENGEL, M. S. **Evolution of the Insects**. New York: Cambridge University Press, p. 202-211, 2005.

GONZÁLEZ, J. C. R.; GUERRA, I. R. El sistema citocromo P450 y el metabolismo de xenobióticos Cytochrome P450 system and xenobiotic metabolism. **Revista Cubana de Farmacia**, v. 48, n. 2, p. 495–507, 2014.

GUERRA, W. D.; OLIVEIRA, P. C.; PUJOL-LUZ, J. R. Gafanhotos (Orthoptera, Acridoidea) em áreas de cerrados e lavouras na Chapada dos Parecis, Estado de Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 6, p. 228-239, 2012.

HUBER, P. C., ALMEIDA, W. P., FÁTIMA, Â. D. Glutathione e enzimas relacionadas: papel biológico e importância em processos patológicos. **Química Nova**, v. 31, p. 1170-1179, 2008.

JANCOVA, P.; ANZENBACHERB, P.; ANZENBACHEROVA, E. Phase ii drug metabolizing enzymes. **Biomedical papers**, v. 154, n.2 p. 103–116, 2010.

JONAS, J. L.; JOERN, A. Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) communities respond to fire, bison grazing and weather in North American tallgrass prairie: a long-term study. **Oecologia**, v. 153, n. 3, p. 699-711, 2007.

KETTERMAN, A. J.; SAISAWANG, C.; WONGSANTICHON, J. Insect glutathione transferases. **Drug Metabolism Reviews**, v. 43, p. 253–265, 2011.

KUMAR, D.; BUDACHETRI, K.; MEYERS, V. C.; KARIM, S. Assessment of tick antioxidant responses to exogenous oxidative stressors and insight into the role of catalase in the reproductive fitness of the Gulf Coast tick, *Amblyomma maculatum*. **Insect Molecular Biology**, v. 25 n. 3, p. 283–294, 2016.

LACTIN, D. J.; JOHNSON, D. L. Environmental, physical, and behavioral determinants of body temperature in grasshopper nymphs (Orthoptera: Acrididae). **Canadian Entomologist**, v. 130 p. 551-557, 1998.

LECOQ, M. **Gafanhotos do Brasil. Natureza do problema e bibliografia.** EMBRAPA/NMA e CIRAD/PRIFAS Montpellier.158 p. 1991.

LEMOS, W. P.; RIBEIRO, R. C.; LHANO, M. G.; SILVA, J. P. S.; ZANUNCIO, J. C. *Cornops frenatum frenatum* (Marschall) (Orthoptera: Acrididae, Leptysminae) in crops of tropical flowers of *Heliconia* spp. in the State of Para, Brazil. **Entomotropica**, v. 25, n.1, p. 43-47, 2010.

LHANO, M.G. Revisión sistemática y análisis filogenético de las Tribus Chloropseustini y Tetrataeniini (Orthoptera, Acididae, Leptysminae). Tesis de Doctorado, Universidad de Montevideo, Montevideo, Uruguay, 2006.

LOGAN, J. D.; WOLESENSKY, W.; JOERN, A. Temperature-dependent phenology and predation in arthropod systems. **Ecological Modelling**, v. 196 p. 471–482, 2006.

LOPEZ, H.; NOGALES, M.; MORALES, E.; OROMI, P. Habitat use and phenology of the large insular endemic grasshopper *Acrostira euphorbiae* (Orthoptera: Pamphagidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 97 p. 117–127, 2007.

MAGALHÃES, D. P.; FERRÃO FILHO, A. S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Revista Oecologia Brasiliensis**, v. 3, n. 12, p. 355-381, 2008.

MARTÍN-VILLAMIL, M.; GAVILÁ, J. T.; VAELLO, I. V. Evaluación de la toxicidad de metilparabeno en *Artemia franciscana*: efectos sobre crecimiento, supervivencia y biomarcadores. **Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación**. v. 8, p. 103-118, 2016.

NARRA, M. R. Tissue-specific recovery of oxidative and antioxidant effects of chlorpyrifos in the freshwater crab, *Barytelphusa guerini*. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 67, p. 158–166, 2014.

NUNES-GUTJAHR, A. L.; BRAGA, C. E. Gafanhotos. In: Oliveira, M. L., Bacaro, F. B., Braga-Neto, R., Magnusson, W. E. **Reserva Ducke: A Biodiversidade Amazônica através de uma grade**. Org. Editora INPA. Manaus – AM, 2011.

NUNES-GUTJAHR, A. L.; BRAGA, C. E. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Editor: Neusa Hamada, Jorge Luiz Nessimian, Ranyse Barbosa Querino. Manaus : Editora do INPA, p.724, 2014.

OLFERT, O.; WEISS, R. M. Bioclimatic model of *Melanoplus sanguinipes* (Fabricius) (Orthoptera: Acrididae) populations in Canada and the potential impacts of climate change. **Journal of Orthoptera Research**, v. 15 p. 65–77, 2006.

OOST, V. D. R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N. P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 13, n. 2, p. 57-149, 2003.

PRICE, P. W. Importance of Insect Ecology. In: PRICE, P. W. **Insect Ecology**. 3^a ed. Ed. John Wiley & Sons, New York, NY. p 1-8, 1997.

RAY, P. D.; HUANG, B.-W.; TSUJI, Y. Reactive oxygen species (ROS) homeostasis and redox regulation in cellular signaling. **Cellular Signalling**, v. 24, n. 5, p. 981–990, 2012.

REGOLI, F., GIULIANI, M. E. Oxidative pathways of chemical toxicity and oxidative stress biomarkers in marine organisms. **Marine Environmental Research**, v. 93 p.106-117, 2014.

RIEDE, K. A Comparative study of mating behaviour in some Neotropical grasshoppers (Acridoidea). **Ethology**, v.76 p. 265-296. 1987.

ROBERTS H. R. A revision of the tribe Leptysmini except the genus *Cylindrotettix* (Orthoptera, Acrididae, Leptysminae). **Academy of Natural Sciences**, v.129 p. 33-69, 1978.

ROBERTS H. R.; CARBONELL C. S. Concluding revision of the subfamily Leptysminae (Orthoptera, Acrididae). **Academy of Natural Sciences**, v. 132 p. 64-85, 1980.

ROBERTS, H. R. A Revision of the genus *Cylindrotettix* including new species (Orthoptera; Acrididae; Leptysminae). **Academy of Natural Sciences**, v. 127, 29-43, 1975.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 38, n. 7, p. 995–1014, 2005.

SHI, H.; PEI, L.; GU, S.; ZHU, S.; WANG, Y.; ZHANG, Y.; LI, B. Glutathione S-transferase (GST) genes in the red flour beetle, *Tribolium castaneum*, and comparative analysis with five additional insects. **Genomics**, v. 100, p. 327–335, 2012.

SILVA, F. R. J.; MARQUES, M. I.; BATTIROLA, L. D.; LHANDO, M. G. Variação do peso fresco em *Cornops aquaticum* (Bruner) (Orthoptera, Acrididae) associado a *Eichhornia azurea* (Sw) Kunth (Pontederiaceae) em uma baía no Pantanal de Poconé, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54 n.1 p. 91–95, 2010b.

SILVA, F. R. J.; MARQUES, M.; BATTIROLA, L. D.; LHANDO, M. G. Fenologia de *Cornops aquaticum* (Bruner) (Orthoptera: Acrididae) em *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae) no Norte do Pantanal de Mato Grosso. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 4, p. 535-542, 2010a.

SONG, H.; AMÉDÉGNATO, C.; CIGLIANO, M. M.; DESUTTER-GRANDCOLAS, L.; HEADS, S. W.; HUANG, Y.; OTTE, D.; WHITING, M. F. 300 million years of diversification: elucidating the patterns of orthopteran evolution based on comprehensive taxon and gene sampling. **Cladistics**, p. 1-31, 2015.

SPERBER, C. F.; MEWS, C. M.; LHANDO, M. G.; CHAMORRO, J.; MESA, A. Orthoptera. In.: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R; CARVALHO, C. J. B; CASARI, S. A; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Editora Holos, p.272, 2012.

TAN, X.; WANG, Z.; CHEN, D.; LUO, K.; XIONG, X.; SONG, Z. Study on the interaction of catalase with pesticides by flow injection chemiluminescence and molecular docking. **Chemosphere**, v. 108, p. 26–32, 2014.

TERRA, B. R.; GATTI, F. D.; CARNEIRO, M. A. A.; COSTA, M. K. M. The grasshoppers (Orthoptera: Caelifera) of the grasslands in the southern portion of the Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil. **Check List**, v. 13, n. 1, p. 2052, 2017.

UEMATSU M.; HATTORI H.; NAKAMURA T.; NARITA Y.; JUNG J.; MATSUMOTO K.; NAKAGUCHI Y.; KUMAR DM. Atmospheric transport and deposition of anthropogenic substances from the Asia to the East China Sea. **Marine Chemistry**, v.120 p.108–115, 2010.

ZAGATTO. P. A.; BERTOLETTI E. **Ecotoxicologia aquática-princípios e aplicações**. São Carlos, 2008.

ZANETTI, R.; SOUZA-SILVA, A.; MOURA, M. A.; ZANUNCIO, J. C. Ocorrência do gafanhoto-do-coqueiro *Eutropidacris cristata* (Orthoptera: Acrididae) atacando plantas de eucalipto em Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 105-107, 2003.

ZHANG, Y.; SUN, G.; YANG, M.; WU, H.; ZHANG, J.; SONG, S.; MA, E.; GUO, Y. Chronic accumulation of cadmium and its effects on antioxidant enzymes and malondialdehyde in *Oxya chinensis* (Orthoptera: Acridoidea). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, p. 1355- 1362, 2011.

CAPITULO 1

**FENOLOGIA DE *Cylindrotettix* sp. BRUNER, 1906 (ORTHOPTERA,
LEPTYSMINAE) ASSOCIADO A *Cyperus rotundus* L. (CYPERACEAE), EM
CRUZ DAS ALMAS, BAHIA¹**

¹ - Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico *Journal of Orthoptera Research*, em versão na língua inglesa.

**FENOLOGIA DE *Cylindrotettix* sp. BRUNER, 1906 (ORTHOPTERA,
LEPTYSMINAE) ASSOCIADO A *Cyperus rotundus* L. (CYPERACEAE), EM
CRUZ DAS ALMAS, BAHIA**

PHENOLOGY OF *Cylindrotettix* sp. BRUNER, 1906 (ORTHOPTERA,
LEPTYSMINAE) ASSOCIATED TO *Cyperus rotundus* L. (CYPERACEAE), AT
CRUZ DAS ALMAS, BAHIA

Aline Santos dos Santos¹, Marcos Gonçalves Lhano¹

1- Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB). Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Insetos (LETI). Rua Rui Barbosa, 710. CEP: 44380-000. Cruz das Almas – BA. email: aline.santos58@yahoo.com.br/marcos@ufrb.edu.br

Resumo. Este trabalho teve como objetivo determinar a fenologia do gafanhoto *Cylindrotettix* sp. (Bruner, 1906) na “Fazendinha Orgânica” da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura). As coletas foram realizadas no período de julho de 2017 a Junho de 2018. Foram amostrados 163 indivíduos, sendo 56 adultos (21 fêmeas e 35 machos) e 107 ninfas (22 da categoria “A” e 85 da categoria “B”). Observou-se que tanto adultos quanto ninfas apresentaram maior abundância em meses com baixa umidade e maior temperatura e radiação solar. A proporção de machos e fêmeas foi de 1,6:1 e não significativa pelo teste de Qui-quadrado. Quanto à posição das valvas, os ovipositores com valvas abertas e ovários maduros tiveram correlação positiva e significativa, igualmente para os ovipositores com valvas abertas e ovários imaturos, utilizando o teste de correlação de Pearson. Percebeu-se que, as variáveis do clima (temperatura, radiação, umidade e precipitação) e a disponibilidade de recursos tiveram influência na biomassa seca dos indivíduos de *Cylindrotettix* sp., na abundância destes insetos, e no comprimento do corpo. Desta maneira, conclui-se que a população de *Cylindrotettix* sp. é influenciada diretamente pelas condições climáticas e a oferta de alimento.

Palavras-chave: Gafanhotos, sazonalidade, biomassa seca.

PHENOLOGY OF *Cylindrotettix* sp. BRUNER, 1906 (ORTHOPTERA, LEPTYSMINAE) ASSOCIATED TO *Cyperus rotundus* L. (CYPERACEAE), AT CRUZ DAS ALMAS, BAHIA

Aline Santos dos Santos, Marcos Gonçalves Lhano

Abstract: This work aimed to determine the phenology of the locust *Cylindrotettix* sp. (Bruner, 1906) in the "Fazendinha Orgânica" of the Brazilian Agricultural Research Company (EMBRAPA - Cassava and Fruit Growing). The samples were collected from July 2017 to August 2018. A total of 163 individuals were sampled, 56 adults (21 females and 35 males) and 107 nymphs (22 from category "A" and 85 from category "B"). It was observed that both adults and nymphs showed greater abundance in months with low humidity and higher temperature and solar radiation. The proportion of males and females was 1.6: 1 and not significant by the chi-square test. As for the position of the valves, ovipositors with open valves and mature ovaries had a positive and significant correlation, also for ovipositors with open valves and immature ovaries, using the Pearson correlation test. It was observed that the climate variables (temperature, radiation and humidity) and the availability of resources had an influence on the dry biomass of *Cylindrotettix* sp. Individuals, on the abundance of these insects, and on body length. In this way, we conclude that the population of *Cylindrotettix* sp. is directly influenced by climatic conditions and food supply.

Keywords: Grasshoppers, seasonality, dry biomass

INTRODUÇÃO

A família Acrididae (Orthoptera, Caelifera) constitui a maior família de gafanhotos e várias espécies são responsáveis por enormes perdas agrícolas, além de outras serem frequentemente usadas para consumo humano em muitos países (PERALTA-RINCON; ESCUDERO; EDELAAR, 2017).

Esses insetos são herbívoros, pertencem aos consumidores primários principalmente em áreas de pastagem e servem de presa para níveis tróficos mais elevados (FRANZKE; REINHOLD, 2011).

A maioria das espécies de Acrididae é terrestre, no entanto as subfamílias Leptysminae, Marelliinae e Pauliniinae, reúnem gafanhotos que exploram ambientes úmidos, associados à vegetação de bordas de corpos d'água ou ilhas flutuantes de macrófitas aquáticas (EADES, 2000). Os Leptysminae vivem associados a diferentes espécies de macrófitas aquáticas pertencentes às famílias Poaceae, Pontederiaceae, Araceae, Cyperaceae e Nymphaeaceae, das quais se alimentam. A oviposição de grande parte dos representantes dessa subfamília é endofítica, ocorrendo no interior dos pecíolos foliares de suas macrófitas hospedeiras, entretanto as fêmeas de algumas espécies podem ovipor nas fendas que se encontram entre as bainhas ou espaços das folhas das plantas (NUNES-GUTJAHR; BRAGA, 2014).

Algumas espécies da subfamília Leptysminae apresentam interesse econômico, a exemplo do gafanhoto *Cornops aquaticum* (Bruner, 1906) que atuam no controle biológico da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* (BOWNES; HILL; BYRNE, 2013). Enquanto que, as plantas do gênero *Heliconia* (Zingiberales: Heliconiaceae) são hospedeiras dos gafanhotos *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836), os quais causam danos a esses cultivos (LEMOS et al., 2010).

O gênero *Cylindrotettix* pertence à subfamília Leptysminae, tribo Leptysmini, e compreende um grupo de gafanhotos neotropicais (LHANO; COSTA, 2008), do qual pouco se conhece sobre o habitat e o comportamento de suas espécies.

A tibia traseira achatada presente em vários outros gêneros da subfamília é aparentemente uma adaptação para nadar. A ausência quase total de tal achatamento em *Cylindrotettix* sugere que as espécies deste gênero, ao contrário de algumas das que o possuem, não vivem em vegetação aquática emergente (ROBERTS 1975).

Segundo Silva et al. (2010a), as condições climáticas como temperatura, precipitação e insolação podem atuar na dinâmica das populações dos gafanhotos, modificando a intensidade, duração e periodicidade de sua reprodução e ciclo de vida. Assim, o desenvolvimento de organismos em seus respectivos habitats envolve o confronto com mudanças ambientais devido a flutuações sazonais e interanuais de fatores físicos e bióticos (CÁRDENAS et al., 2017).

Estudos relacionados às flutuações da população de gafanhotos, os efeitos diretos, indiretos, as interações das condições climáticas, as plantas hospedeiras e outros fatores bióticos permanecem poucos compreendidos (JONAS; JOERN, 2007). De acordo com Primack et al. (2009), é importante entender como as espécies respondem às mudanças climáticas no contexto de seus ambientes. Dessa forma, este estudo teve como objetivo determinar a fenologia de *Cylindrotettix* sp. associado a *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Os indivíduos de *Cylindrotettix* sp. foram coletados mensalmente na Unidade de Pesquisa de Produção Orgânica “Fazendinha Orgânica”, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Mandioca e Fruticultura), localizada na cidade de Cruz das Almas - Bahia (12°40'54,7”S 039°04'31,0”W) (Figura 1), onde são produzidas fruteiras tropicais.

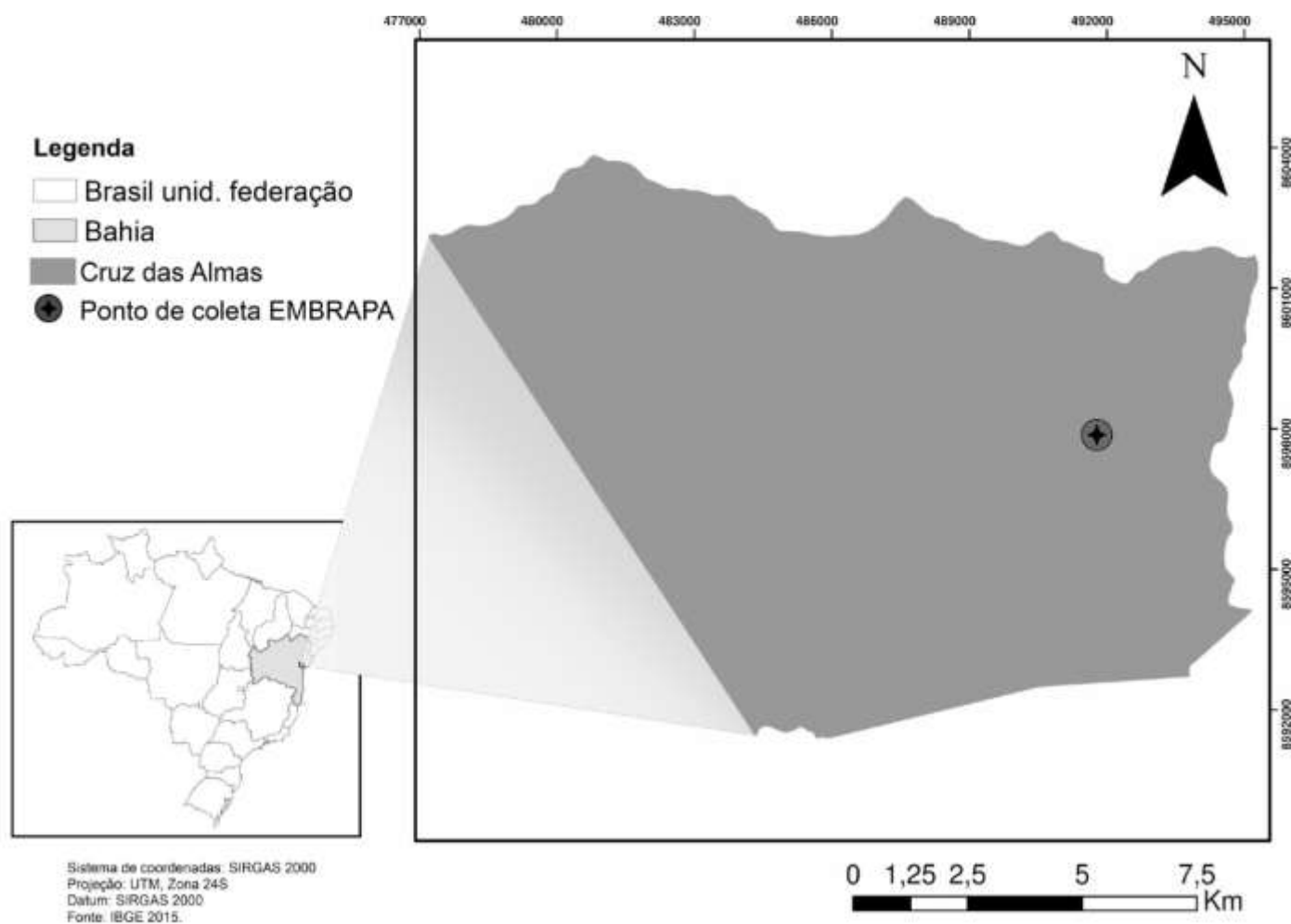


Figura 1. Área de estudo, com localização da Fazendinha Orgânica, EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia.

Coleta dos exemplares

O estudo da fenologia de adultos e ninfas de *Cylindrotettix* sp. foi realizado através de coletas mensais no período de julho de 2017 a junho de 2018, totalizando 12 meses de amostragem. Por meio de coleta manual ativa com o uso de potes plásticos, a captura dos insetos foi realizada no capim *Cyperus rotundus* L. que se estabelecia entre as plantações de banana e próximo às cercas da área (figura 2). A busca visual e captura dos insetos eram realizadas no período matutino, durante 2:30 horas de coleta uma vez por mês, as quais eram feitas por dois coletores distantes entre si cerca de 10 metros.



Figura 2. Área de coleta na Fazendinha Orgânica, EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia. (a), (b): plantio de banana com a herbácea *Cyperus rotundus* L.

Os gafanhotos coletados foram acomodados em potes contendo folhas de *Cyperus rotundus* a fim de se evitar o estresse do espécime coletado. O material foi posteriormente transportado vivo em caixas termoplásticas para o Laboratório de Ecologia e Taxonomia de insetos (LETI), do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB), da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

Em laboratório, os exemplares foram sacrificados em freezer por 72 horas e após esse período transferidos para câmara úmida até o amolecimento dos tegumentos.

Para análise do estágio de desenvolvimento os indivíduos foram separados em imaturos e adultos. As ninfas foram categorizadas em “A” (indivíduos nos primeiros estádios de desenvolvimento, com até 12,0 mm de comprimento) e “B” (indivíduos nos últimos estádios de desenvolvimento, com comprimento a partir de 12,1 mm). Os adultos foram sexados e mensurados (comprimento do corpo - fastígio até terminália), para correlação com a biomassa seca dos indivíduos. Para a obtenção desta, os indivíduos foram colocados em estufa de secagem a 60 °C, por 24 horas e posteriormente pesados em balança analítica de precisão (Shimadzu®, AUW 220D).

Após as análises, as ninfas foram etiquetadas e acondicionadas em camas entomológicas. Os indivíduos machos foram montados e preservados em caixas entomológicas. As fêmeas adultas foram classificadas segundo a abertura das valvas do ovipositor (Figura 3 a,b,) e imediatamente dissecadas com corte

longitudinal efetuada na face ventral (YOUDEOWEI, 1974), para análise do estágio de maturação dos ovários, realizado sob microscópio estereoscópico binocular. Para isso, foi utilizada a classificação de Franceschini et al. (2005) conforme o grau de maturação dos ovários: I - imaturos: ovaríolos brancos, pequenos, com aparência de fios e sem conteúdo; II - em maturação: presença de ovos nos ovaríolos, porém, pequenos e sem coloração amarela; e III - maduros: presença de ovos grandes e amarelos nos ovaríolos (Figura 3c,d,e).

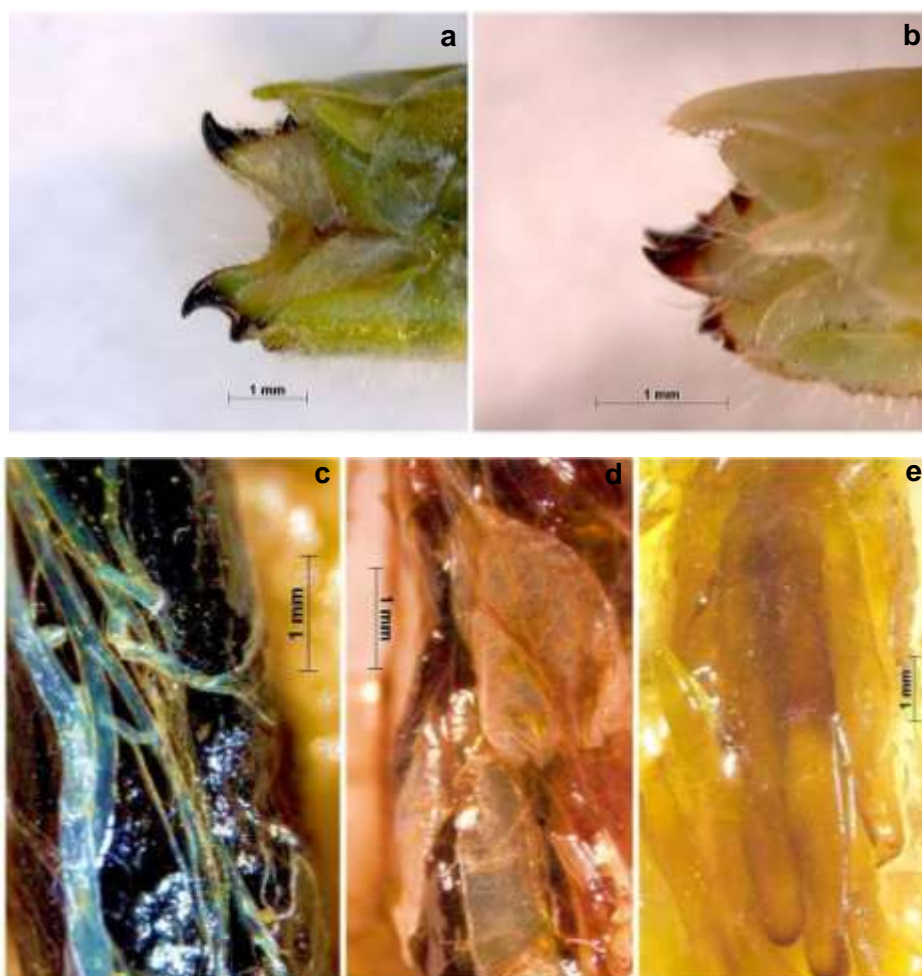


Figura 3. Valvas do ovipositor e ovários de fêmeas adultas de *Cylindrotettix* sp. **a**: ovipositor com valva aberta; **b**: ovipositor com valva fechada; **c**: ovário imaturo (I); **d**: ovário em maturação (II); **e**: ovário maduro (III).

Os dados climatológicos (temperatura, umidade relativa, radiação e precipitação) foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia INMET (A406). Quanto a insolação, não foi possível obter os dados, pois o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET não registra para a cidade de Cruz das Almas, Bahia.

As análises da força da associação entre as variáveis do clima e o número de indivíduos coletados, assim como a relação entre a maturação dos ovários e a incidência de valvas abertas foram feitas mediante o uso de correlação linear de Pearson, (r), onde $r = 0$ (ausência de relação), $r = 1$ (relação positiva perfeita), $r = -1$ (relação negativa perfeita), $0 < r < 0,30$ (relação positiva fraca), $0,30 < r < 0,60$ (relação positiva moderada), $0,60 < r < 0,90$ (relação positiva forte), $0,90 < r < 1$ (relação positiva muito forte), $0 < r < -0,30$ (negativa fraca), $-0,30 < r < -0,60$ (negativa moderada), $-0,60 < r < -0,90$ (negativa forte) e $-0,90 < r < -1$ (negativa muito forte) (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

A relação do comprimento do corpo com a massa seca foi realizado pelo teste f da ANOVA e para a comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey a 5% de significância. Essas análises foram realizadas pelo software R.Studio (versão 3.3.3), considerando estatisticamente significantes as relações que apresentaram valores de $p < 0,05$.

Para verificar se o número de indivíduos machos se distribuiu igualmente ao de fêmeas durante o período do estudo, estabeleceu-se como H_0 a hipótese de que são iguais as quantidades de indivíduos machos e fêmeas no período experimental. Utilizou-se o teste de Qui-quadrado para verificar possíveis diferenças na população quanto ao número de machos, fêmeas, adultos e ninfas, ninfas A e ninfas B no período experimental.

RESULTADOS

O gafanhoto *Cylindrotettix* sp. foi coletado na herbácea *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae), a qual é caracterizada por ser uma planta perene, apresenta desenvolvimento de brotos discretos, com poucas folhas e inflorescências, cujas sementes têm viabilidade mínima. Possui expressiva propagação vegetativa, pois produz numerosos rizomas e tubérculos, que promovem sua proliferação em campos agrícolas (LIMA et al., 2015). Em condições ambientais favoráveis (temperatura elevada e intensa luminosidade), o seu estabelecimento é rápido (JAKELAITIS et al., 2003).

Observou-se no campo (Fazendinha Orgânica – EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura) e em laboratório (Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Insetos-

LETI) que os indivíduos de *Cylindrotettix* sp. se alimentaram dessa herbácea e ovipositaram em seu pecíolo.

Durante o período amostral foram coletados 163 indivíduos, sendo 56 adultos (21 fêmeas e 35 machos) e 107 ninfas (22 da categoria “A” e 85 na categoria “B”) (tabela 1). Ao longo do estudo, a temperatura média anual no local de coleta foi de 23°C e a média anual da radiação foi de 1444.31 kJ/m². Quanto à média anual da umidade e precipitação, foram respectivamente 86% e 0,78 mm.

Tabela 1. Número dos indivíduos adultos (machos e fêmeas) e ninfas (estágios A e B) de *Cylindrotettix* sp. coletados mensalmente em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA- Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia ao longo do período de julho (2017) a junho de 2018.

Ano	Mês	Adulto		Razão sexual	Ninfa		Total
		Macho	Fêmea		A	B	
2017	Julho	4	0	4:0	2	9	15
	Agosto	0	0	0:0	4	5	9
	Setembro	0	0	0:0	2	5	7
	Outubro	2	2	1:1	0	8	12
	Novembro	1	1	1:1	3	9	14
	Dezembro	1	0	1:0	1	5	7
2018	Janeiro	3	0	3:0	1	5	9
	Fevereiro	5	4	1,25:1	1	15	25
	Março	7	5	1,4:1	1	8	21
	Abril	4	2	2:1	5	7	18
	Maio	5	4	1,25:1	0	3	12
	Junho	3	3	1:1	2	6	14
Total		35	21	1,6:1	22	85	163

Nota-se que a maior abundância de indivíduos adultos (n=12) que correspondente a 24% foi registrada no mês de março (2018), esse mês foi o que apresentou maior temperatura (38°C), radiação solar (1770,9 kJ/m²), menor umidade (63,8%) e precipitação de 0,57 mm (figura 4, 5, 6 e 7).

Nos meses de agosto e setembro (2017), não houve ocorrência de indivíduos adultos. E posteriormente a esse período constatou-se a menor abundância de adultos de *Cylindrotettix* sp. (12%) em novembro e dezembro de 2017 e em janeiro de 2018, meses em que a temperatura variou de 30 a 35 °C, radiação solar de 1,386 a 1,759 kJ/m², umidade média de 75% e precipitação de 1,05 mm.

As ninfas apresentaram maior abundância em fevereiro (2018) (16%), quando a média da temperatura foi 36°C, de radiação solar 1.596 kJ/m², umidade 72% e precipitação de 2,08 mm. E a menor abundância de ninfas ocorreu em maio (2018) (3%) (temperatura média 30°C, radiação média 1.127 kJ/m², umidade média 95% e precipitação de 0,32mm) (Figuras 4, 5, 6 e 7).

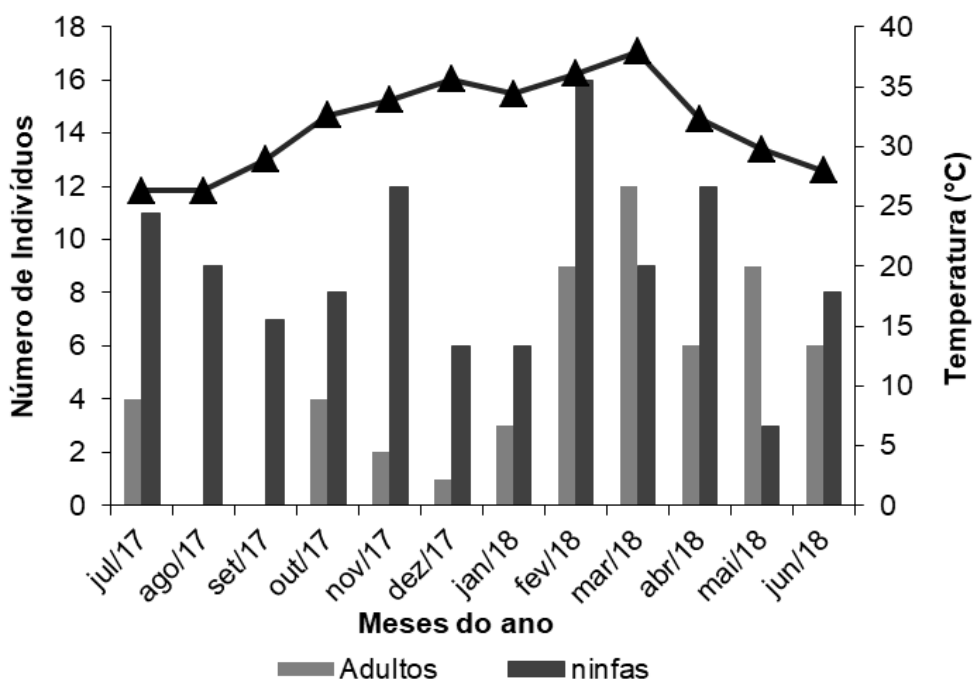


Figura 4. Distribuição mensal de adultos (machos e fêmeas) e ninfas (estágio A e B) de *Cylindrotettix* sp relacionados a temperatura e total de indivíduos coletados mensalmente em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA-Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia ao longo do período de julho (2017) a junho de 2018.

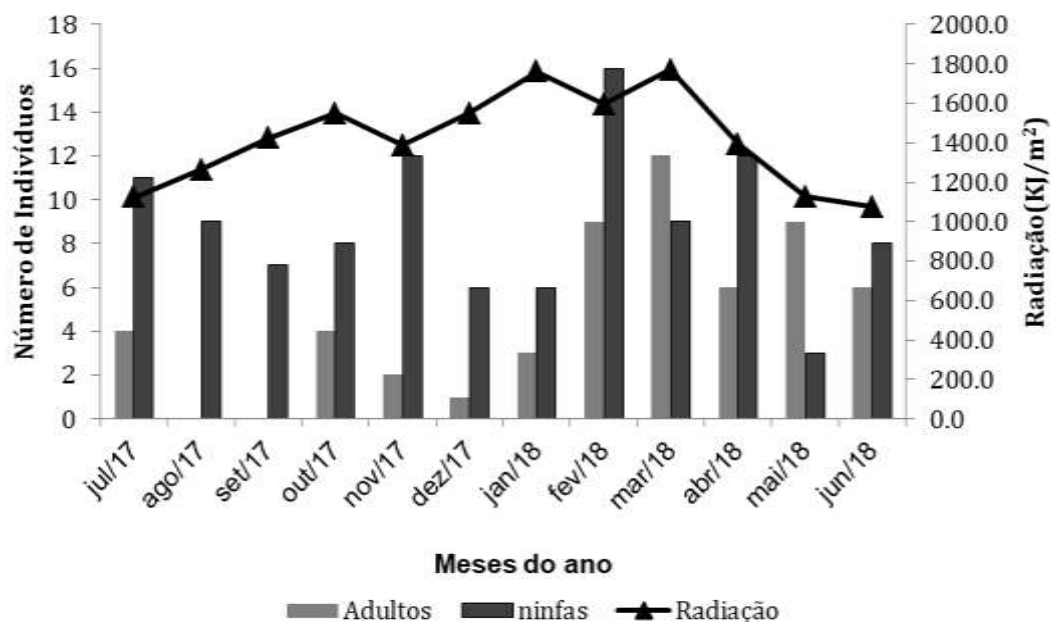


Figura 5. Distribuição mensal de adultos (machos e fêmeas) e ninfas (estágio A e B) de *Cyindrotettix* sp. relacionados a radiação solar e total de indivíduos coletados mensalmente em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA- Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia ao longo do período de julho (2017) a junho de 2018.

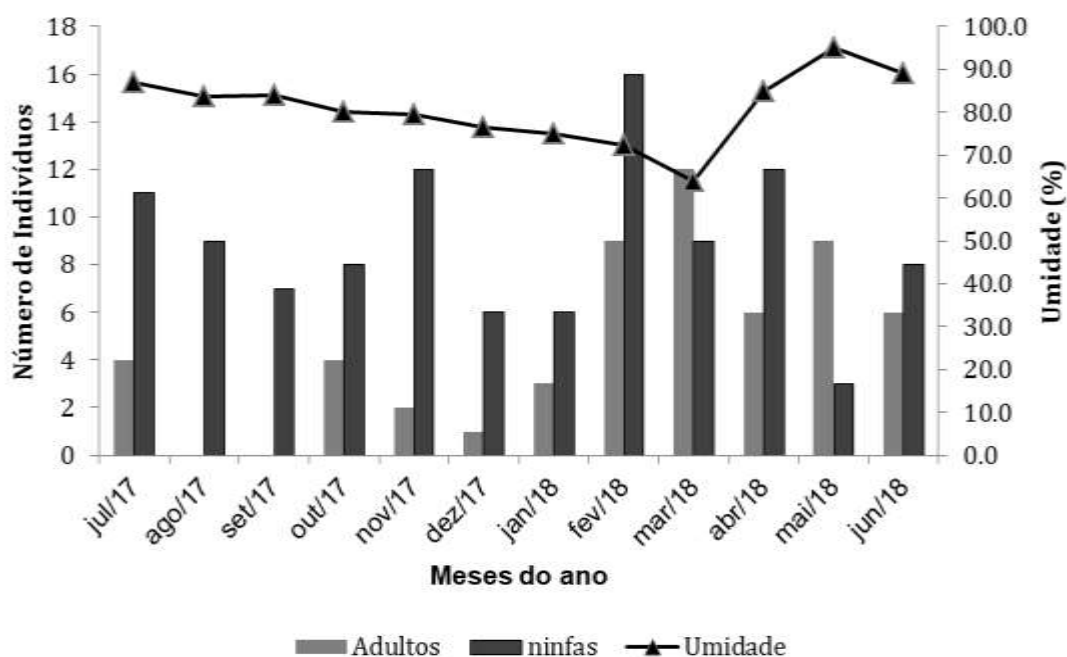


Figura 6. Distribuição mensal de adultos (machos e fêmeas) e ninfas (estágio A e B) de *Cyindrotettix* sp. relacionados a umidade e total de indivíduos coletados mensalmente em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA- Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia ao longo do período de julho (2017) a junho de 2018.

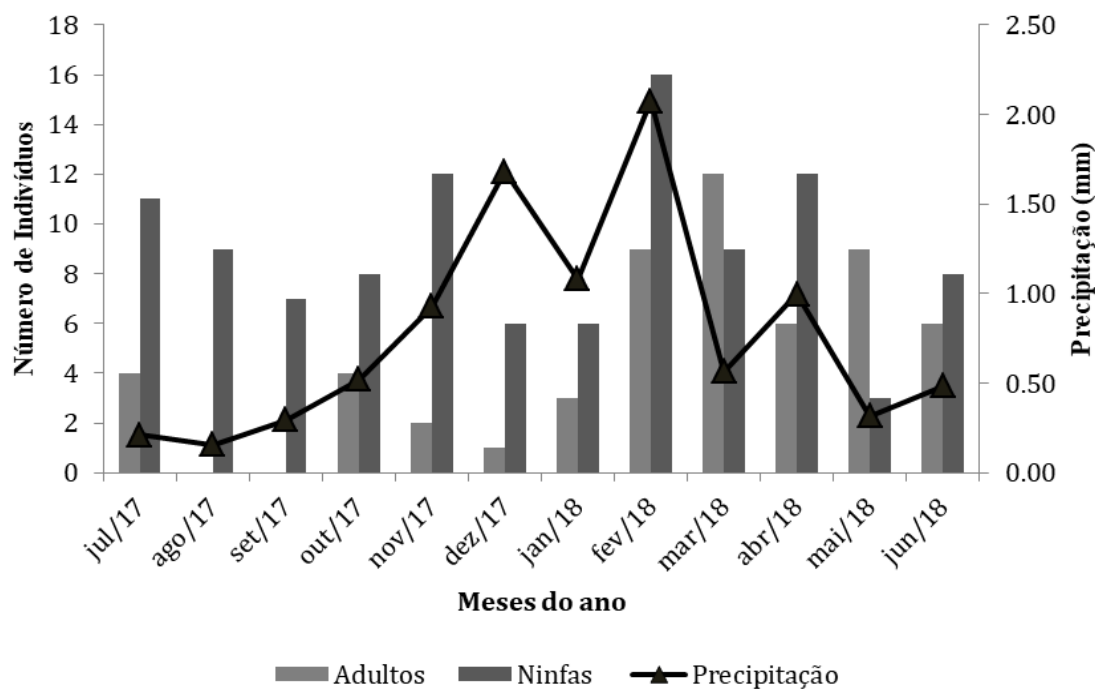


Figura 7. Distribuição mensal de adultos (machos e fêmeas) e ninfas (estágio A e B) de *Cylindrotettix* sp. relacionados a precipitação e total de indivíduos coletados mensalmente em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA-Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia ao longo do período de julho (2017) a junho de 2018.

Observa-se na tabela 2 que pela correlação de Person a abundância de adultos e ninfas de *Cylindrotettix* sp. não apresentaram significância com as variáveis do clima (temperatura, radiação, umidade e precipitação).

Tabela 2. Valores de correlação de Person entre adultos (machos e fêmeas) e ninfas (estágio A e B) de *Cylindrotettix* sp. e os fatores abióticos da temperatura, radiação e umidade ao longo do período de julho (2017) a junho (2018), coletados em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA- Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia.

Fatores abióticos	Adultos	p<0,005	Ninfas	p<0,005
Temperatura	r = 0,49	0,1026	r = 0,30	0,3434
Radiação	r = 0,15	0,6521	r = 0,14	0,6568
Umidade	r = - 0,37	0,2378	r = - 0,53	0,0777
Precipitação	r = 0,14	0,6707	r = 0,42	0,1701

A proporção sexual média durante os meses de estudo foi de 1,6:1 (macho: fêmea) (tabela 1). O valor obtido através do teste de Qui-quadrado (χ^2), considerando-se uma proporção esperada de 1:1, demonstrou que não houve

diferença significativa no número de machos relacionado ao de fêmeas ($\chi^2 = 0,40$ $p = 0,527$).

Para os imaturos, a maior abundância mensal de ninfas do tipo A (indivíduos nos primeiros estádios de desenvolvimento) foi em abril de 2018. Os imaturos do tipo B tiveram maior abundância em fevereiro de 2018 (figura 7).

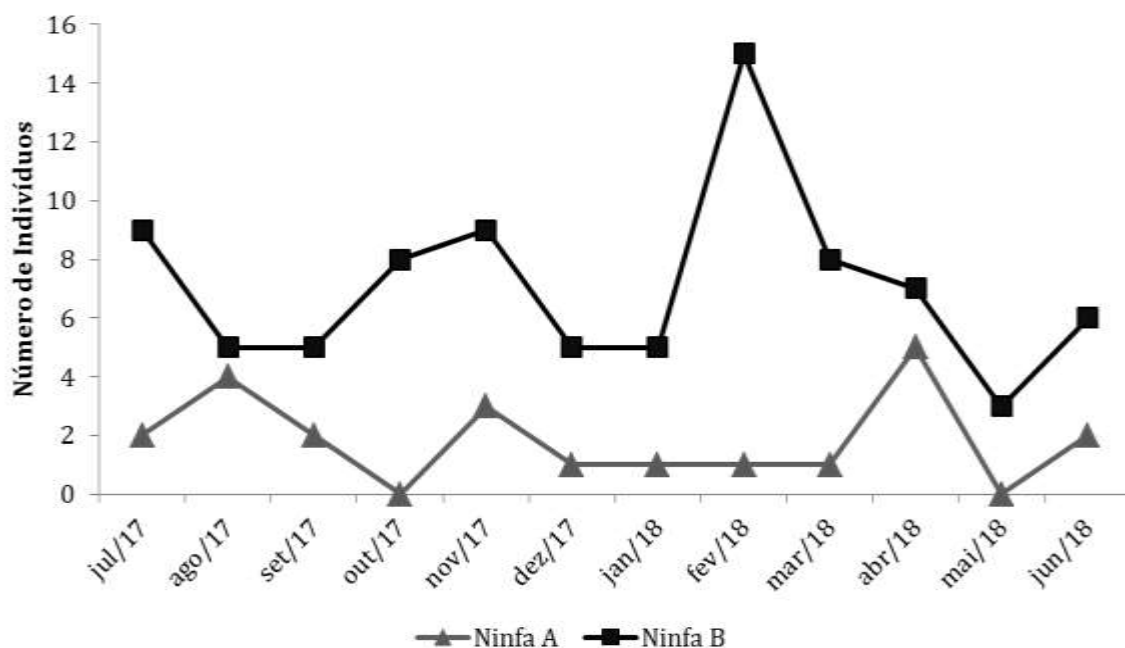


Figura 7. Distribuição mensal de ninfas A e B de *Cylindrotettix* sp. coletadas mensalmente em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA-Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia ao longo do período de julho (2017) a junho de 2018.

A quantidade de fêmeas com ovários maduros esteve correlacionada positiva e significativamente com fêmeas de ovipositoras de valvas abertas ($r = 0,71$ $p = 0,0182$), já a correlação de valvas abertas com ovários imaturos também foi positiva e significativa ($r = 0,97$ $p = 0,000$). O mês de outubro (2017), fevereiro e maio (2018) apresentaram maior número de indivíduos com valvas abertas e ovários maduros (55%). Para as valvas fechadas a correlação foi positiva fraca e não significativa ($r = 0,22$ $p = 0,4995$).

A biomassa seca média de *Cylindrotettix* sp. durante os 12 meses de coleta foi de 3,0504g e o valor total da população coletada foi de 4,2055g. Os indivíduos adultos tiveram maior biomassa seca em março de 2018 e a menor em dezembro de 2017. Para as fêmeas, foi registrada biomassa seca média de 0,2424 g e dos

machos 0,1782g durante o período amostral. A maior massa seca de fêmeas foi registrada em fevereiro (2018) 0,8200g e a menor em novembro (2017) 0,1000g, enquanto que nos machos, a maior biomassa seca foi em maio (2018) 0,4673 g e a menor em dezembro (2017) 0,0574 g tabela 3.

Quanto às ninfas, as dos primeiro estágio de desenvolvimento (tipo A) apresentaram maior biomassa seca em abril de 2018 e sua menor biomassa seca em março de 2018. Os imaturos do tipo B tiveram maior biomassa seca em abril (2018) e menor em julho de 2017 (tabela 3).

Tabela 3. Biomassa seca de indivíduos adultos (machos e fêmeas) e ninfas (estágio A e B) de *Cylindrotettix* sp. coletados mensalmente em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA- Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia ao longo do período de julho (2017) a junho de 2018.

Ano	Mês	Adultos		Ninfa A	Ninfa B	Ninfas Total	Total	
		♀ (g)	♂ (g)					
2017	Julho	0,0000	0,1747	0,1747	0,0018	0,0458	0,0476	0,2223
	Agosto	0,0000	0,0000	0,0000	0,0082	0,0556	0,0638	0,0638
	Setembro	0,0000	0,0000	0,0000	0,0064	0,0820	0,0884	0,0884
	Outubro	0,2064	0,0916	0,2980	0,0000	0,0692	0,0692	0,3672
	Novembro	0,1000	0,0920	0,1920	0,0073	0,1164	0,1237	0,3157
	Dezembro	0,0000	0,0574	0,0574	0,0009	0,0620	0,0629	0,1203
2018	Janeiro	0,0000	0,1835	0,1835	0,0026	0,0820	0,0846	0,2681
	Fevereiro	0,8200	0,2464	1,0664	0,0010	0,2916	0,2926	1,0956
	Março	0,1222	0,3279	1,5499	0,0007	0,1215	0,1222	1,4723
	Abril	0,3748	0,2108	0,5856	0,0097	0,2969	0,3066	0,8922
	Maio	0,7691	0,4673	1,2364	0,0000	0,0778	0,0778	1,3142
	Junho	0,5167	0,2866	0,8033	0,0020	0,0910	0,0930	0,8963
Total		2,9092	2,1382	4,0821	0,0406	1,3918	1,4324	4,2055
Média		0,2424	0,1782	0,3402	0,0034	0,116	0,1194	3,0504
Máximo		0,8200	0,4673	1,5499	0,0097	0,2969	0,3066	1,4723
Mínimo		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0458	0,0476	0,0638

A maior média do comprimento do corpo das fêmeas adultas observou-se no mês de fevereiro/2018, já a de machos ocorreu em novembro/2017. As ninfas do tipo A não mostraram variações consideráveis no comprimento do corpo, enquanto para ninfas do tipo B registrou-se no mês de abril (2017) a maior média do comprimento do corpo (Tabela 4).

Tabela 4. Média e desvio padrão do comprimento (mm) do corpo dos indivíduos adultos (machos e fêmeas) e ninfas (estágio A e B) de *Cylindrotettix* sp. coletados mensalmente em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA-Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia ao longo do período de julho (2017) a junho de 2018.

Ano		Adultos		Ninfas	
		♀	♂	A	B
2017	Julho	0,000	30,45 ± 1,147	9,415 ± 0,120	15,12 ± 2,880
	Agosto	0,000	0,000	10,31 ± 0,487	17,24 ± 5,240
	Setembro	0,000	0,000	11,60 ± 0,290	19,80 ± 4,037
	Outubro	36,48 ± 0,382	29,50 ± 0,071	0,000	19,16 ± 3,037
	Novembro	36,45	33,79	10,16 ± 0,845	16,98 ± 5,860
	Dezembro	0,000	30,58	11,11	19,22 ± 5,750
2018	Janeiro	0,000	30,67 ± 0,225	10,95	21,85 ± 3,059
	Fevereiro	39,64 ± 0,929	30,86 ± 1,378	11,41	21,80 ± 6,650
	Março	37,42 ± 1,263	31,05 ± 1,182	11,28	20,85 ± 6,190
	Abril	35,82	29,73 ± 0,898	11,22 ± 0,375	26,53 ± 7,400
	Maiο	36,00 ± 0,580	29,61 ± 0,418	0,000	22,34 ± 1,990
	Junho	36,57 ± 0,436	30,75 ± 0,546	10,78 ± 0,130	24,98 ± 2,330

Pelo teste f da ANAVA, a média da biomassa seca e do comprimento do corpo de machos e fêmeas foram significativas (Tabela 5 e 6).

Tabela 5. Teste da ANAVA para Biomassa seca dos indivíduos adultos (machos e fêmeas) de *Cylindrotettix* sp. coletados mensalmente em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA- Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia ao longo do período de julho (2017) a junho de 2018.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	1	0,064894	0,064894	21,018	0,0000
erro	48	0,148201	0,003088		
Total corrigido	49	0,213094			
CV (%)					65,46
Média geral					0,0848820

FV: Fontes de variação GL: Grau de liberdade, SQ: Soma de quadrados, QM: Quadrado médio, CV: Coeficiente de variação.

Tabela 6. Teste da ANOVA para o comprimento do corpo (mm) de machos e fêmeas de *Cylindrotettix* sp. coletadas mensalmente em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA- Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia ao longo do período de julho (2017) a junho de 2018.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	1	527,388590	527,388590	275,765	0,00
erro	48	91,797978	1,912458		
Total corrigido	49	619,186568			
CV (%)					4,20
Média geral					32,9308

FV: Fontes de variação GL: Grau de liberdade, SQ: Soma de quadrados, QM: Quadrado médio, CV: Coeficiente de variação.

Observa-se na tabela 7 que a biomassa seca das fêmeas de *Cylindrotettix* sp. apresentaram maior média em comparação com as dos machos pelo teste de Tukey.

Tabela 7. Teste de Tukey para a variável biomassa seca de machos e fêmeas de *Cylindrotettix* sp. coletadas mensalmente em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA- Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia ao longo do período de julho (2017) a junho de 2018.

Adultos	Médias
Machos	0,057863 b
Fêmeas	0,132917 a

Teste de Tukey a 5% de significância

Quanto ao comprimento do corpo dos indivíduos adultos (machos e fêmeas), as fêmeas tiveram maior média pelo teste de Tukey.

Tabela 8. Teste de Tukey para a variável biomassa seca de machos e fêmeas de *Cylindrotettix* sp. coletadas mensalmente em *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) na “Fazendinha Orgânica” da EMBRAPA- Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia ao longo do período de julho (2017) a junho de 2018.

Adultos	Médias
Machos	30.495000 b
Fêmeas	37.261111 a

Teste de Tukey a 5% de significância

DISCUSSÃO

As análises dos resultados desse trabalho demonstraram que maior temperatura, maior radiação solar, menor umidade e precipitação favorecem para a ocorrência de maior número de indivíduos adultos (figuras 4, 5, 6 e 7). Tais condições climáticas são favoráveis para alta produtividade de *Cyperus rotundus*, com estabelecimento rápido e intenso crescimento vegetativo (JAKELAITIS et al., 2003). Dessa forma, é possível que a maior oferta de alimento, favoreça a maior abundância desses insetos (SILVEIRA et al., 1976).

Wolda (1988) destaca que na estação chuvosa há um aumento da umidade relativa do ar, que diminui os riscos de dessecação e desidratação, e torna o ambiente mais favorável ao desenvolvimento e sobrevivência dos insetos herbívoros de vida livre. Com isso, o período de maior média da precipitação (fevereiro/ 2018) apresentou maior abundância de ninfas, destacando assim a influência dos fatores ambientais na flutuação da população de imaturos de *Cylindrotettix* sp.

Quanto a proporção de machos e fêmeas, nesse estudo obteve-se maior número de macho em todo o ano (1;6:1), estatisticamente sem significância (Tabela 2). Entretanto Silva et al. (2010), destacaram diferenças significativas na proporção de machos e fêmeas (1,5:1), no Norte do Pantanal do Mato Grosso, para a população de *Cornops aquaticum*. Segundo esses autores, provavelmente a taxa de mortalidade das ninfas fêmeas seja maior, resultando em mais indivíduos machos adultos. Braga et al. (2011) também observaram maior abundância de machos de *Cornops aquaticum* em um Lago de Várzea na Amazônia Central em relação a quantidade de fêmeas. Para Adis e Junk (2003) isso pode estar relacionado as fêmeas tenderem a apresentar um estágio ninfal a mais do que os machos.

Contrário a isso, vale destacar o trabalho de Messi, Kekeunou e Weise (2006) sobre a abundância e ciclo de vida de *Zonocerus variegatus* (Linnaeus, 1758) (Orthoptera: Pyrgomorphidae) na zona da floresta umida do sul dos Camarões. Nesse estudo, as fêmeas adultas foram mais abundantes do que os machos. Quanto a isso, os autores não atribuíram a nenhum fator específico.

Vale ressaltar que as variáveis climáticas como, temperatura, radiação, umidade e precipitação também foram relacionadas com a abundância de

Cylindrotettix sp. pelo teste de correlação de Person, mas nenhum deles se mostrou significativo em relação à variação da população de adultos e ninfas. Uma observação semelhante foi encontrada na pesquisa de Braga et al. (2011) com o gafanhoto *Cornops aquaticum*.

A maturação dos ovários indica um possível período reprodutivo da população. Nas fêmeas de *Cylindrotettix* sp. os ovários maduros ocorreram em maior proporção nos meses de outubro (2017), fevereiro e maio (2018) com temperatura média de 23°C, umidade de 84% e precipitação de 0,97 mm ambiente propício para reprodução, com alta umidade e temperatura baixa. Porém, durante o período do estudo, foram observadas fêmeas com ovários imaturos e em maturação com valvas abertas. Silva et al. (2010) encontraram resultado semelhante para a correlação dos ovipositores e o grau de maturação dos ovários em *Cornops aquaticum*. Também foi observada correlação positiva e significativa entre valvas abertas e ovários imaturos nas fêmeas de *Cylindrotettix* sp., o que provavelmente indica que não exista relação fidedigna de abertura do ovipositor com o grau de maturação dos ovários.

Quanto a biomassa de *Cylindrotettix* sp., sua variação está relacionada ao estágio de desenvolvimento dos indivíduos e a sua abundância. Esse resultado é semelhante ao encontrado em populações de *Cornops aquaticum* estudada por Gallardo et al. (2015) no Nordeste da Argentina, Braga et al. (2011) na Amazônia Central, Nunes, Adis e Melo (2005) em estudo de fenologia com o gafanhoto *Phlugis teres* (De Geer, 1927) (Orthoptera: Tettigoniidae) na Amazônia Central e por Silva et al. (2010b) no Pantanal do Mato Grosso com o gafanhoto *Cornops aquaticum*.

Os maiores valores de biomassa seca total (adultos e ninfas) de *Cylindrotettix* sp. ocorreram no período com maior temperatura, radiação, menor umidade e precipitação. Estas condições climáticas eram favoráveis a maior oferta de recursos da herbácea *Cyperus rotundus*. Segundo Rao et al. (2000), a razão entre plantas hospedeiras e não hospedeiras em um ecossistema desempenha um papel importante na determinação da abundância de herbívoros. Com o gafanhoto semi-aquático *Cornops aquaticum*, Braga et al. (2011) destacaram que a biomassa total de adultos e ninfas ocorreram no período de seca ou vazante do Lago Camaleão na Amazônia Central, período este com maior predominância de gafanhotos adultos comparado com as ninfas.

Quanto a biomassa seca média dos indivíduos adultos (macho e fêmea) de *Cylindrotettix* sp., as fêmeas apresentaram valores superiores a dos gafanhotos macho, pois as fêmeas provavelmente consomem mais a planta hospedeira do que os indivíduos machos. Esse resultado corrobora com o trabalho de Gallardo et al. (2015) e Franceschini et al. (2013) com o gafanhoto *C. aquaticum*. Silva et al. (2010b) enfatizam que esse gafanhoto possui capacidade de vôo que possibilita maior área de forrageamento, quanto as ninfas, a ausência de estruturas alares desenvolvidas, apresenta limitação no deslocamento em busca de alimento, por isso, são mais específicas ao habitat. Diferindo desse resultado, Vieira e Adis (1992), em seu estudo com o gafanhoto *Acuminata paulinia*, (De Geer, 1773) (ortópteros: Acrididae), obtiveram maior biomassa e abundância de ninfas comparado com os adultos.

Percebe-se que, para as ninfas a biomassa total (tipo A e B) foram maiores quando ocorreram alta temperatura, radiação, umidade e precipitação com média de 1,00 mm apesar de apresentar menor abundância de ninfas A e B nesse período. Isso pode ser possível, quando os imaturos estão em último estágio ninfal. Braga et al. (2011) também encontraram resultado semelhante e atribuíram as ninfas do tipo B de *Cornops aquaticum* maior comprimento e massa corporal.

Gallardo et al. (2015), Franceschini et al. (2011) e Braga et al. (2011), em seus trabalhos com o *Cornops aquaticum* destacaram que a biomassa de fêmeas adultas foram superiores a dos machos adultos, pois estas são maiores do que os machos. Esse resultado coincidiu com os registrados nesse estudo, pois as fêmeas tiveram maior biomassa seca e comprimento do corpo do que os indivíduos machos. Para Hochkirch e Papen (2001), é possível que a maior biomassa de fêmeas de Orthoptera deve-se por passar mais tempo se alimentando do que os machos.

Dessa forma, a variação dos valores sazonais tem influência direta na abundância da população de *Cylindrotettix* sp. tanto nos adultos (machos e fêmeas) como nas ninfas (tipo A e B) assim como, na disponibilidade de recursos para esses gafanhotos.

CONCLUSÃO

Esse estudo evidenciou que, apesar de não ter apresentado diferenças significativas entre as variáveis do clima (temperatura, radiação, precipitação e umidade) a abundância dos indivíduos (adultos e ninfas) de *Cylindrotettix* sp., pode-se observar uma relevante associação entre a sazonalidade e a biomassa seca desses gafanhotos. O fato de obter maior abundância de adultos e ninfas em altas temperaturas, radiação, umidade e precipitação coincidiram com a fenologia da herbácea *Cyperus rotundus* em período de alta produtividade desse vegetal. É possível que, a oferta desse recurso esteja relacionado à abundância e maior massa seca desses gafanhotos.

REFERÊNCIAS

ADIS, J.; JUNK, W. J. Feeding impact and bionomics of the grasshopper *Cornops aquaticum* on the water hyacinth *Eichhornia crassipes* in Central Amazonian Floodplains. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** 38(3): 245-249, 2003.

BOWNES, A.; HILL, M. P.; BYRNE, M. J. The role of nutrients in the responses of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) to herbivory by a grasshopper *Cornops aquaticum* Bruner (Orthoptera: Acrididae). **Biological Control**, 67: 555–562, 2013.

BRAGA, C. E.; NUNES-GUTJAHR, A. L.; MORAIS, J. W.; ADIS, J. Fenologia de *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) associado a *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) em um Lago de Várzea na Amazônia Central, Brasil. **Rev. Soc. Entomol**, v. 70 p.185-196, 2011.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística**: princípios e aplicações, Porto Alegre: Artmed p. 255, 2003.

CÁRDENAS, A. M.; GALLARDO, P.; MOYANO, L.; PRESA, J.J. Autoecology, feeding preferences and reproductive biology of *Chorthippus* (*Glyptobothrus*) *vagans* (Eversmann, 1848) (Orthoptera: Gomphocerinae) in Mediterranean ecosystems. **Bulletin of Entomological Research**, v. 107 p. 21-31, 2017.

EADES, D.C. Evolutionary relationships of phallic structures of Acridomorpha (Orthoptera). **Journal of Orthoptera Research** 9:181-210, 2000.

FRANCESCHINI, M. C.; CAPELLO, S.; L'HANO, M. G.; ADIS, J.; WYSIECKI, M. L. Morfometria de los estádios ninfales de *Cornops aquaticum* Bruner (1906) (Acrididae: Leptysminae) en Argentina. **Amazoniana**, 18(3-4): 373-386, 2005.

FRANCESCHINI, M. C.; WYSIECKI, M. L.; NEIFF, A. P.; GALASSI, M. E.; MARTÍNEZ, F. S. The role of the host-specific grasshopper *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) as consumer of native *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) floating meadows. **Revista de Biología Tropical**, 59(3): 1407-1418, 2011.

FRANCESCHINI, M. C.; WYSIECKI, D. M. L.; POI, A. Age structure and feeding of the Neotropical grasshopper *Cornops aquaticum* (Bruner) (Orthoptera: Acrididae) on the waterhyacinth. **Neotropical Entomology**, 42, 344-350, 2013.

FRANZKE, A.; REINHOLD, K. Stressing food plants by altering water availability affects grasshopper performance. **Ecosphere**, 2(7): 1-13, 2011.

GALLARDO, L. I.; FRANCESCHINI, M. C.; POI, A. S. G.; WYSIECKI, M. L. Biomasa de *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) en humedales del nordeste de Argentina. **Revista de Biología Tropical**, vol. 63, n.1, p.127-138, 2015.

HOCHKIRCH, A.; PAPEN, M. Behaviour-related microhabitat utilization in *Chorthippus apricarius* (Linné, 1758) and *Chorthippus biguttulus* (Linné, 1758). **Zeitschrift für Angewandte Entomologie**, 13: 343–346, 2001.

JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L.; MIRANDA, G. V.; MACHADO, A. F. L. Efeitos de sistemas de manejo sobre a população de tiririca. **Revista Planta Daninha**, 21(1): 89-95, 2003.

JONAS, J. L.; JOERN, A. Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) communities respond to fire, bison grazing and weather in North American tallgrass prairie: a long-term study. **Oecologia**, v. 153, n. 3, p. 699-711, 2007.

LEMOS, W. P.; RIBEIRO, R. C.; LHANO, M. G.; SILVA, J. P. S.; ZANUNCIO, J. C. *Cornops frenatum frenatum* (Marschall) (Orthoptera: Acrididae, Leptysminae) in crops of tropical flowers of *Heliconia* spp. in the State of Para, Brazil. **Entomotropica**, v. 25, n.1, p. 43-47, 2010.

LHANO, M. G.; COSTA, M.K.M. Orthoptera, Acrididae, Leptysminae, *Cylindrotettix riverae riverae* Roberts, 1975: New occurrence in Brazil, expanding its South American range. **Check List**, 4(1): 69–74, 2008.

LIMA, R. S. O.; MACHADO, E. C. R.; SILVA, A. P. P.; MARQUES, B. S.; GONÇALVES, M. F.; CARVALHO, S. J. P. Crescimento e Desenvolvimento da Tiririca com Base em Dias ou Unidades Térmicas. **Planta Daninha**, 33(2): 165-173, 2015.

MESSI, J.; KEKEUNOU, S.; WEISE, S. Abundance and life cycle of *Zonocerus variegatus* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) in the humid forest zone of southern Cameroon. **Entomological Science**, v. 9, 23–30, 2006.

NUNES, L.; ADIS, J.; MELLO, J.A. S. N. Fenologia de *Phlugis Teres* (De Geer, 1927) (Orthoptera: Tettigoniidae) e Abundância de Artropodos em Populações de *Eichhornia Crassipes* (Pontederiaceae) em um Lago de Várzea na Amazônia Central. **Ciências Naturais**, Belém. v. 1. n, 2. p, 271-285, 2005.

NUNES-GUTJAHR, A. L.; BRAGA, C. E. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Editor: Neusa Hamada, Jorge Luiz Nessimian, Ranyse Barbosa Querino. Manaus : Editora do INPA, p.724, 2014.

PERALTA-RINCON, J. R., ESCUDERO, G., EDELAAR, P. Phenotypic plasticity in color without molt in adult grasshoppers of the genus *Sphingonotus* (Acrididae: Oedipodinae). **journal of orthoptera research**. 26(1): 21-27, 2017.

PRIMACK, R. B.; IBÁÑEZ, I.; HIGUCHI, H.; LEE, S. D.; MILLER-RUSHING, A. J.; WILSON, A. M.; SILANDER, J. A. Spatial and interspecific variability in phenological responses to warming temperatures. **Biological Conservation**, 142: 2569–2577, 2009.

RAO, M.R.; SINGH, M. P.; DAY, R. Insect pest problem in tropical agroforestry systems. Contributory factors and strategies for management. **Agroforestry Systems** 50, 243–277, 2000.

ROBERTS, H. R. A Revision of the genus *Cylindrotettix* including new species (Orthoptera; Acrididae; Leptysminae). **Academy of Natural Sciences**, v. 127, 29-43, 1975.

SILVA, F. R. J.; MARQUES, M. I.; BATTIROLA, L. D.; LHANO, M. G. Variação do peso fresco em *Cornops aquaticum* (Bruner) (Orthoptera, Acrididae) associado a *Eichhornia azurea* (Sw) Kunth (Pontederiaceae) em uma baía no Pantanal de Poconé, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54 n.1 p. 91–95, 2010b.

SILVA, F. R. J.; MARQUES, M.; BATTIROLA, L. D.; LHANO, M. G. Fenologia de *Cornops aquaticum* (Bruner) (Orthoptera: Acrididae) em *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae) no Norte do Pantanal de Mato Grosso. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 4, p. 535-542, 2010a.

SILVEIRA, N. S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A . **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Agonomica Ceres. 419 p. 1976.

VIEIRA, M.F.; ADIS, J. Abundância e biomassa de *Paulinia acuminata* (De Geer, 1773) (Orthoptera: Pauliniidae) em um lago de várzea da Amazônia Central. **Amazoniana**, 12 (2): 337-352, 1992.

YOUDEOWEI, A. **The dissection of the variegated grasshopper *Zonocerus variegates* (L.)** Ibadan. Oxford University Press, p.101, 1974.

Wolda H. Insect Seasonality: why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, vol. 19: p. 1-18, 1988.

CAPITULO 2

BIOMARCADORES BIOQUÍMICOS DE *Cornops frenatum frenatum* (MARSHALL, 1836) (ORTHOPTERA, ACRIDIDAE, LEPTYSMINAE) EM TESTES ECOTOXICOLÓGICOS²

² Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico *Neotropical Entomology*, em versão na língua inglesa.

**BIOMARCADORES BIOQUÍMICOS DE *Cornops frenatum frenatum*
(MARSHALL, 1836) (ORTHOPTERA, ACRIDIDAE, LEPTYSMINAE) EM
TESTES ECOTOXICOLÓGICOS**

**Aline Santos dos Santos¹, Marcos Gonçalves Lhano¹, Elissandra Ulbricht
Winkaler²**

- 1 - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB). Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Insetos (LETI). Rua Rui Barbosa, 710. CEP: 44380-000. Cruz das Almas - BA email: aline.santos58@yahoo.com.br / marcos@ufrb.edu.br
- 2 - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB). Laboratório de Ecotoxicologia Aquática (LABEA). Rua Rui Barbosa, 710. CEP: 44380-000. Cruz das Almas - BA email: elis@ufrb.edu.br

Resumo: O presente estudo teve como objetivo verificar a atividade das enzimas Glutathione-S-Transferase (GST) e da Catalase (CAT) em gafanhotos da espécie *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836), bem como, comparar as duas áreas (Fazenda Experimental CCAAB/UFRB e Sítio “Granja São Luís”) de acordo com a atividade dessas enzimas. As coletas dos gafanhotos foram realizadas em plantio de *Heliconia* spp. no período de novembro de 2017 a agosto de 2018, por meio de busca visual e captura com potes plásticos. Os indivíduos (machos e fêmeas) foram transportados para o laboratório para a retirada do intestino médio, o qual foi armazenado em freezer -80°C. Posteriormente o material foi macerado e centrifugado para separação do sobrenadante, utilizado para a determinação enzimática. Ao total foram coletados 50 fêmeas e 80 machos na Fazenda Experimental do CCAAB/UFRB e 50 fêmeas e 85 machos coletados no sítio “Granja São Luís”, totalizando 265 gafanhotos. Para a extração das enzimas GST e CAT foram utilizados cinco intestinos médios por amostra (pool) para fêmeas e oito para machos, totalizando 10 amostras de cada sexo para cada ponto analisado. Em ambos os sexos foi possível identificar a atividade enzimática da GST e CAT e interações significativas entre os pontos de coletas (Fazenda Experimental da UFRB/CCAAB e “Granja São Luis”) e sexo (machos e fêmeas) pelo teste da ANAVA. Assim, conclui-se que os gafanhotos *Cornops frenatum*

frenatum apresentaram atividade enzimática da Glutathione S-Transferase e Catalase. Os indivíduos machos coletados na Fazenda Experimental do CCAAB/UFRB apresentaram maior atividade das enzimas GST e CAT, quando comparados com as fêmeas coletadas no mesmo local. Já nos gafanhotos coletados no sítio “Granja São Luís”, a maior atividade dessas enzimas foi observada nas fêmeas. Pode-se inferir que o intestino médio desses gafanhotos é um bom material biológico para estudos da atividade enzimática de GST e CAT.

Palavras-chave Glutathione-S-Transferase (GST), Catalase (CAT), Estresse oxidativo.

BIOCHEMICAL BIOMARKATORS OF *Cornops frenatum frenatum* (MARSHALL, 1836) (ORTHOPTERA, ACRIDIDAE, LEPTYSMINAE) IN ECOTOXICOLOGICAL TESTS

Aline Santos dos Santos¹, Marcos Gonçalves Lhano¹, Elissandra Ulbricht Winkaler²

Abstract: The objective of this study was to verify the activity of Glutathione-S-Transferase (GST) and Catalase (CAT) enzymes in grasshoppers of the species *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836), as well as to compare the two areas (Experimental Farm CCAAB / UFRB and Sítio "Granja São Luís") according to the activity of these enzymes. The grasshopper collections were carried out in the planting of *Heliconia* spp. From November 2017 to August 2018, through visual search and capture with plastic pots (Males and females) were transported to the laboratory for removal of the midgut, which was stored in a freezer at -80 ° C, after which the material was macerated and centrifuged for separation of the supernatant used for enzymatic determination. collected 50 females and 80 males at the Experimental Farm of the CCAAB / UFRB and 50 females and 85 males collected at the "Granja São Luís" site, totaling 265 locusts. For the extraction of the GST and CAT enzymes, five medium intestines were used per sample (pool) for females and eight for males, totaling 10 samples of each sex for each analyzed point. In both sexes it was possible to identify the enzymatic activity of GST and CAT and significant interactions between collection points (Experimental Farm of UFRB / CCAAB and Granja São Luis) and sex (males and females) by the ANAVA test. Thus, it is concluded that the locusts *Cornops frenatum frenatum* presented enzymatic activity of Glutathione S-Transferase and Catalase. Male individuals collected at the CCAAB / UFRB Experimental Farm showed higher activity of the GST and CAT enzymes when compared to the females collected at the same site. In the locusts collected in the "Granja São Luís" site, the highest activity of these enzymes was observed in females. It can be inferred that the medium intestine of these grasshoppers is a good biological material for studies of the enzymatic activity of GST and CAT.

Keywords: Glutathione-S-Transferase (GST), Catalase (CAT), Oxidative stress.

INTRODUÇÃO

A ordem Orthoptera divide-se em duas subordens: Ensifera (grilos, esperanças e paquinhas) e Caelifera (gafanhotos) (SONG et al., 2015). Os ortópteros são cosmopolitas, encontrados principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, com ocorrência em habitats frios de grande altitude, ou de latitudes altas e ausentes nas regiões polares (SPERBER et al., 2012).

Os gafanhotos são insetos que possuem grande importância ecológica (NUNES-GUTJAHR ; BRAGA, 2011) e econômica (NUNES-GUTJAHR; BRAGA, 2014) com algumas espécies consideradas pragas agrícolas (Buhl et al. 2011), ecologicamente são desfolhadores naturais, recicladores de nutrientes e presas de muitas espécies de aves (BADENHAUSSER et al., 2015).

O gafanhoto *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836) tem distribuição Neotropical e estão presentes em alguns países da América Latina como: Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana Francesa, Guiana, Paraguai, Peru, Suriname, Trinidad, Venezuela, inclusive o Brasil (ADIS et al., 2007). Para Ribeiro et al. (2013), esse inseto é considerado o principal problema entomológico em *Heliconia* spp. no Estado do Pará, por ser a espécie mais frequente e numerosa e seus adultos e ninfas apresentam grande potencial de desfolhamento e raspagem da casca destas plantas. Esta espécie é gregária e sempre encontrada na superfície foliar ou dentro dos “charutos” (folhas fechadas enroladas). Este lugar parece ser importante para o desenvolvimento de *C. f. frenatum*, fornecendo umidade e abrigo contra inimigos naturais (RIBEIRO et al., 2013).

Segundo Abdelfattah et al. (2017), os insetos terrestres como os gafanhotos, são sensíveis as mudanças ambientais. Deste modo, os organismos exibem várias características biológicas e ecológicas que determina a sua exposição e sensibilidade a distúrbios, bem como, a sua capacidade de lidar com essas mudanças (COLAS et al., 2104). Além disso, eles podem ser considerados adequados em pesquisas ecotoxicológicas, pois são bons bioindicadores para a contaminação de metais e poluição ambiental (AZAM et al., 2015).

Os organismos em contato com os xenobióticos ocorre processos de desintoxicação, com isso, aumento dos níveis de espécies reativas de oxigênio (EROs), denominado de estresse oxidativo (OOST et al., 2003). Isso induz a

produção de enzimas relacionadas à defesa antioxidante do indivíduo, como a glutathione redutase (GR), catalase (CAT), dentre outras, a fim de minimizar os danos às células (REGOLI; GIULIANI, 2014).

As glutathione-S-transferases (GSTs) participam da desintoxicação de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), prostaglandinas e esteróides, os quais são metabolizados na conjugação de glutathione (BLADEREN, 2000). Enquanto que a CAT decompõe o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), reduzindo-o a água e oxigênio ($H_2O + O_2$) e oxida os compostos hidrogenados (SCANDALIOS et al., 2005).

No Brasil até então, não foram encontrados trabalhos com gafanhotos relacionados à ecotoxicologia, por isso, esse estudo teve como objetivo determinar a atividade enzimática da GST e CAT de gafanhotos (machos ou fêmeas) de *Cornops frenatum frenatum*.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

As áreas de estudo foram a Fazenda Experimental do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas (CCAAB), localizada na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) no campus de Cruz das Almas, Bahia ($12^{\circ}39'32,41''S$ $39^{\circ}5'19,12'' W$), e o sítio produtor de flores tropicais “Granja São Luís”, localizada no município de Conceição do Jacuípe, Bahia ($12^{\circ}21'14''S$ e $38^{\circ}48'16''W$) nas proximidades da BR 324. A distância entre os locais de coleta é de aproximadamente 49 km de distância (Figura 1).

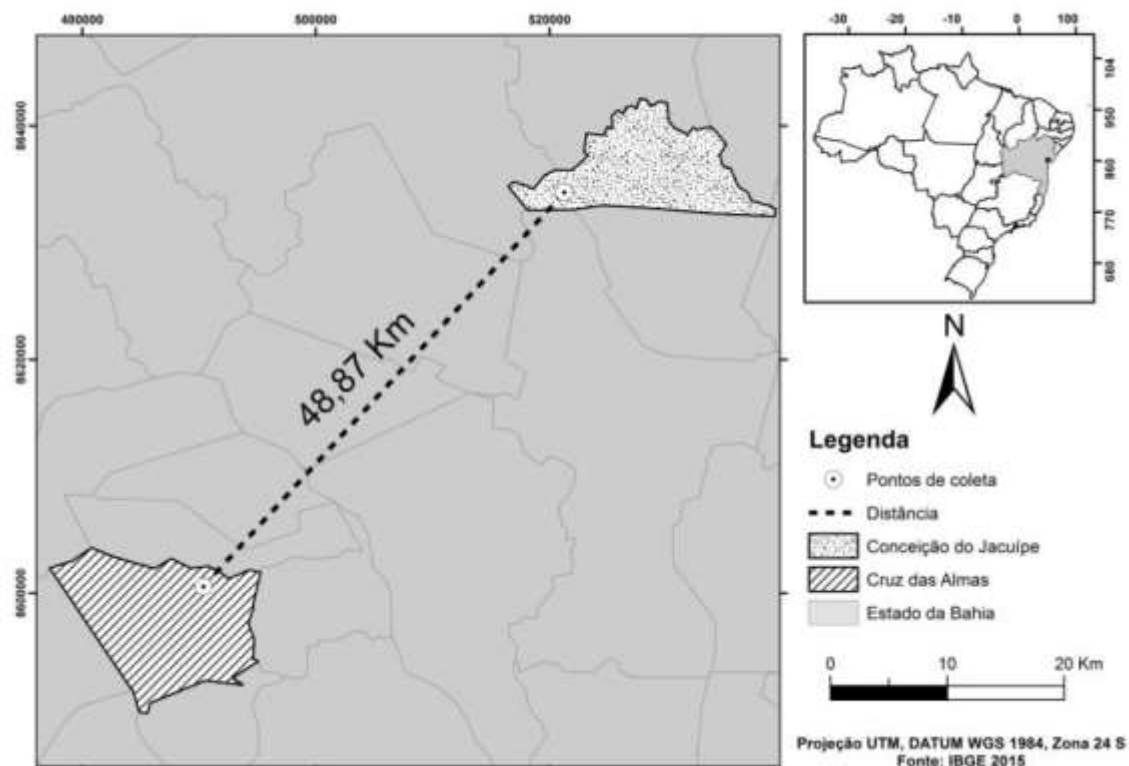


Figura 1. Mapa do Brasil com destaque para o estado da Bahia. No detalhe, indicação das áreas de coleta dos exemplares de gafanhotos *Cornops frenatum frenatum*, na Fazenda Experimental do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas (CCAAB), na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), campus de Cruz das Almas e no Sítio “Granja São Luís”, município de Conceição do Jacuípe. A linha tracejada corresponde a distancia entre os pontos de coleta.

A Fazenda Experimental do CCAAB/UFRB conta com as seguintes Unidades de Desenvolvimento de Práticas Agropecuárias, Agroecológicas e Agroflorestais (UDPA): apicultura, avicultura, culturas anuais, horticultura, forragicultura e dentre outras. Além disso, uma pequena área com cultivo de *Heliconia* spp (Figura 2). Essa área foi escolhida por não apresentar tráfego intenso de veículos e nem pulverizações de defensivos químicos em suas proximidades.



Figura 2. Local de coleta dos exemplares de gafanhotos *Cornops frenatum frenatum* na Fazenda experimental do CCAAB/UFRB, no município de Cruz das Almas. Destaque para o plantio de *Heliconias* spp.

O sítio “Granja São Luís” faz parte da Cooperativa de Produtores de Flores Tropicais da Bahia, e são produzidas 18 variedades de *Heliconia* spp., além de outras espécies de plantas tropicais tais como, *Strelitzias* spp., *Alpinia* spp., *Etilingera* spp., etc. Essa área fica as margens da BR-324 (que liga os municípios de Feira de Santana e Salvador) e fica exposta ao fluxo intenso de veículos (Figura 3).



Figura 3. Local de coleta dos exemplares de gafanhotos *Cornops frenatum frenatum* no sítio Granja São Luís, as margens da BR324, no município de Conceição do Jacuípe, Bahia.

Coletas dos exemplares

As coletas dos gafanhotos *Cornops frenatum frenatum* ocorreram mensalmente no período de novembro de 2017 a agosto de 2018, por meio de busca visual e captura com potes plásticos. As coletas foram realizadas sempre no período matutino entre as 08:30 e 12:00 horas, com intervalos de 30 minutos para descanso.

Ao total foram coletados 50 fêmeas e 80 machos na Fazenda Experimental do CCAAB/UFRB e 50 fêmeas e 85 machos coletados no sítio “Granja São Luís”, totalizando 265 gafanhotos.

Os insetos coletados foram transferidos, individualmente, para sacos plásticos, identificados, que foram acondicionados em caixa termoplástica e transportados até o Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Insetos (LETI) do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB/UFRB).

Coleta do material biológico

No laboratório, os gafanhotos foram analgesiados em caixas plásticas contendo gelo até a redução da atividade metabólica observada visualmente. Em seguida, foram identificados quanto ao sexo e com auxílio de material cirúrgico e estereomicroscópio (Olympus SZ51®, SZ2-ILST), procedeu-se incisão na região lateral do abdômen para retirada do intestino médio. O intestino médio dos insetos foi imediatamente transferido para criotubos (*ependorf*®) identificados de 1,5 mL e armazenados em ultrafreezer (Sanyo®, Ultra Low) -80°C para as análises posteriores.

Extração das enzimas

Para a extração das enzimas GST e CAT foram utilizados cinco intestinos médios por amostra para fêmeas e oito para machos, totalizando 10 amostras de cada sexo para cada ponto analisado. O intestino médio foi pesado em balança

analítica de precisão (Shimadzu®, AUW 220D), e em seguida homogeneizado em solução tampão fosfato (pH 6,8). Posteriormente, foram centrifugados a 10.000 RPM por 20 minutos em ultracentrifuga (Hettich®, MIKRO 220R) refrigerada a 4°C.

Após a centrifugação o sobrenadante foi separado com auxílio de um micropipetador (Labnet), transferido para criotubos e armazenados novamente em ultrafreezer a -80°C para posterior determinação da atividade enzimática.

Determinação enzimática

A quantificação da atividade das enzimas GST e CAT foi realizada em espectrofotometro UV/Vis (Biochrom Libra®, S21/ S22) em duplicata, para cada amostra. O registro da absorbância foi realizado com intervalos de leitura de 2 segundos, durante 3 minutos, registrando-se os valores da atividade cinética ao longo do tempo (*Programa Acquire Lite*).

A atividade cinética da GST foi realizada de acordo com a complexação da glutathiona reduzida (GSH) com 1-cloro-2, 4-dinitrobenzeno (CDNB) utilizando metodologia descrita por (Keen et al. 1976). Para a determinação da atividade da GST, utilizou-se 10 µL de amostra (homogeneizado do intestino médio), 10 µL de GST reduzida (0,03 g de + 1 mL de tampão para GST), 10 µL de CDNB (0,02 g de CDNB + 1 mL de álcool absoluto) e 970 µL de solução tampão para GST (400 mL de água ultra pura + 3,4 g de fosfato monobásico + 4,3 g de fosfato dibásico). A atividade cinética foi determinada no espectrofotômetro UV/Vis utilizando comprimento de onda de 340 nm.

A determinação da atividade da enzima CAT foi obtida pela degradação de peróxido de hidrogênio, de acordo com Beutler (1975). Para tanto, preparou-se 50 mL de tampão para catalase (50 mL de água ultra pura + 6,055 g de Tris HCL + 0,073 g de EDTA, ajustando o pH para 8,0 com solução de NaOH), que foi utilizado para o meio de reação (peróxido de hidrogênio + água ultra pura + tampão). Para a leitura da absorbância, adicionou-se 1980 µL do meio de reação e 20 µL da amostra (homogeneizado do intestino) em cubeta de quartzo, invertendo suavemente este recipiente 3 vezes. A atividade cinética foi determinada no espectrofotômetro UV/Vis com comprimento de onda de 240 nm, em cubeta de quartzo.

Ambas as enzimas foram expressas em μmol de produto formado por minuto por miligrama de proteína total ($\mu\text{mol}, \text{min}^{-1} \text{mg de proteína}^{-1}$), as quais foram determinadas pela concentração total de proteínas presentes no tecido estudado (intestino médio).

Para a quantificação das proteínas totais presentes no sobrenadante de cada amostra utilizou-se um kit comercial (Interkit®). Para tanto, em tubos de ensaios foram adicionados, 1000 μL de reagente e 20 μL do sobrenadante do intestino médio, em seguida foram homogeneizados com auxílio do vortéx (Biomixer®, AP56) e colocadas em repouso em temperatura ambiente por 15 minutos. Posteriormente foram transferidos para cubeta de acrílico onde foram realizadas as leituras de absorbância em espectrofotômetro UV/VIS a 545nm.

Análise dos resultados

Os resultados foram expressos utilizando à média e desvio padrão das amostras e os valores médios dos parâmetros analisados foram comparados entre si com o teste de análise de variância bifatorial (ANAVA). Quando identificadas diferenças significativas entre as médias ($p < 0,05$) aplicou-se o teste de Tukey com nível de significância de 5% para a comparação das médias. As análises foram realizadas por meio do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2017), com a utilização dos pacotes ExpDes.pt e lmtest.

RESULTADOS

Foram observadas diferenças significativas na atividade das enzimas GST e CAT, na interação entre os pontos de coletas (Fazenda Experimental da UFRB e Granja São Luis) e sexo (machos e fêmeas), quando comparadas pelo teste de ANAVA ($p < 0,05$). Entretanto, entre os pontos de coletas e sexo, independentes da área de estudo, não foram observadas diferenças significativas pelo mesmo teste (Tabela 1).

Tabela 1. Teste da ANOVA para atividade enzimática da Glutathiona-S-Transferase (GST) e Catalase (CAT) em *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836), coletados na Fazenda Experimental do CCAAB/UFRB, município de Cruz das Almas (BA) e no Sítio “Granja São Luís, as margens da BR- 324, no município de Conceição do Jacuípe, (BA)”

FV	GL	QM	
		GST	CAT
PONTOS	1	34155,26 ^{ns}	2457,68 ^{ns}
SEXO	1	3728,95 ^{ns}	604,04 ^{ns}
PONTOS*SEXO	1	192711,31**	24876,15*
Erro	36	15491,86	4725,25
Total	39		
CV (%)		31,47	49,05
Média geral		395,55975	140,1555

FV: Fontes de variação GL: Grau de liberdade, SQ: Soma de quadrados, QM: Quadrado médio, CV: Coeficiente de variação. ** e * significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F. ^{ns} não significativo.

De acordo com o teste de comparação de médias, houve diferença na atividade enzimática da GST para ambos os sexos e nas áreas de estudo. Conforme apresentado na Figura 1, a maior atividade da GST foi observada nos machos coletados na Fazenda Experimental do CCAAB/UFRB e nas fêmeas coletadas no sítio “Granja São Luís”.

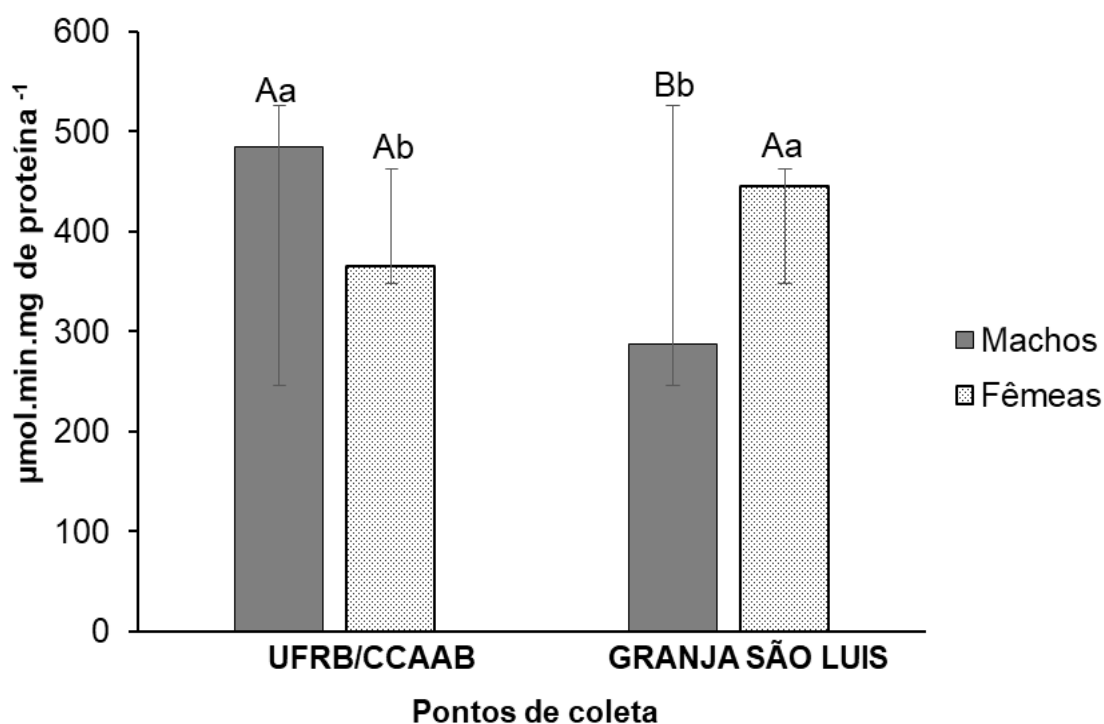


Figura 1. Valores médios da atividade enzimática da Glutaciona-S-Transferase em machos e fêmeas de *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836), coletados na Fazenda Experimental do CCAAB/UFRB, Cruz das Almas (BA) e no sítio Granja São Luis, em Conceição do Jacuípe (BA). Valores apresentados como média e desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, letra minúscula representa a comparação entre os sexos e maiúscula, os pontos de coleta.

Os machos coletados na Fazenda Experimental do CCAAB/UFRB apresentaram a maior atividade da enzima catalase, quando comparadas com as fêmeas coletadas no mesmo local. Já nos gafanhotos coletados no sítio “Granja São Luis”, a maior atividade dessas enzimas foi observada nas fêmeas (Figura 2).

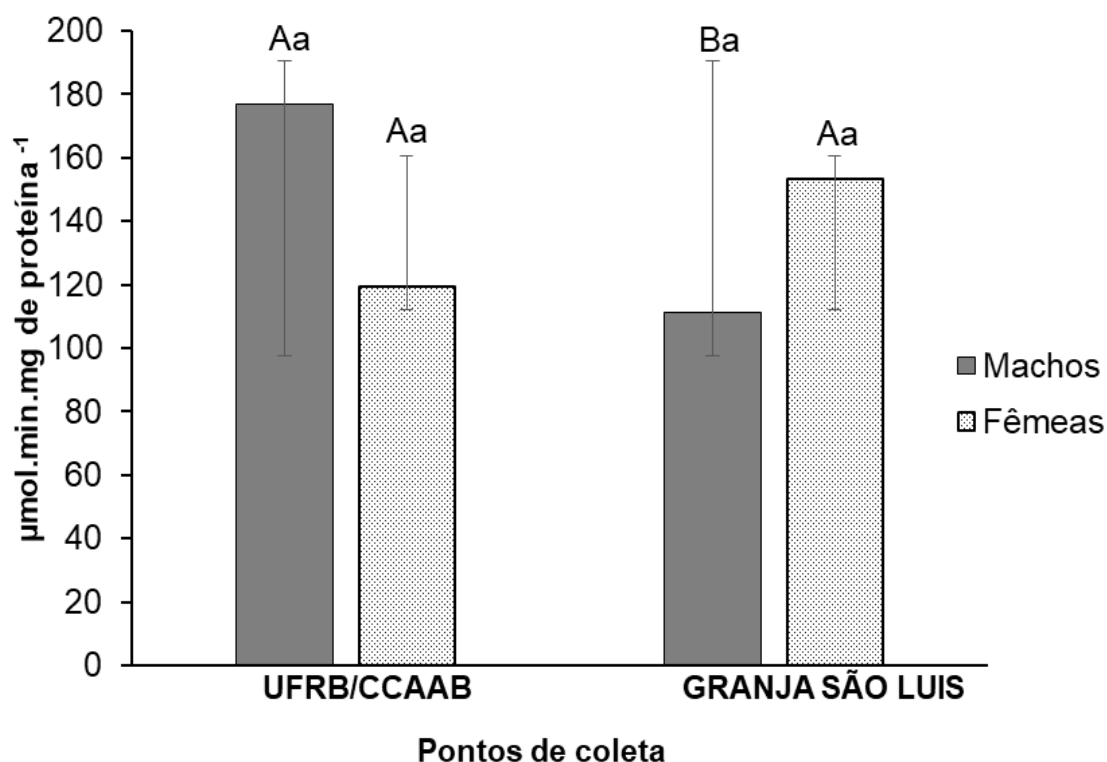


Figura 2. Valores médios da atividade enzimática da Catalase em machos e fêmeas de *Cornops frenatum frenatum* (Marshall, 1836), coletados na Fazenda Experimental do CCAAB/UFRB, Cruz das Almas (BA) e no sítio Granja São Luis, em Conceição do Jacuípe (BA). Valores apresentados como média e desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, letra minúscula representa a comparação entre os sexos e maiúscula, os pontos de coleta.

DISCUSSÃO

Neste estudo foi possível identificar a diferença significativa na atividade das enzimas GST e CAT no intestino médio dos gafanhotos *Cornops frenatum frenatum*, (tanto de machos quanto de fêmeas) coletados em áreas consideradas livres da aplicação de agrotóxicos.

Estudo realizado por Zhang et al. (2011), com aplicação de diferentes concentrações (0,2, 0,4, 0,8 mmol.L⁻¹) de cádmio (Cd) na atividade da CAT de gafanhotos *Oxya chinensis* (Thunberg, 1815), em diferentes estágios de desenvolvimento, verificaram resultados similares entre machos e fêmeas. A atividade enzimática da CAT aumentou à medida que aumentava a concentração de Cd e essa atividade também foi maior nos gafanhotos adultos quando comparados com os primeiros estágios de ninfa. Assim, nos adultos os valores da atividade da CAT variaram entre 110,56 ± 8,28 μmol.min.mg.proteína⁻¹ a 207,44 ± 1.91 μmol.min.mg.proteína⁻¹ nos machos e 129,73 ± 5,27 μmol.min.mg.proteína⁻¹ a 158,01 ± 4,29 μmol.min.mg.proteína⁻¹ nas fêmeas, resultado estes, semelhante aos encontrados no presente estudo para a CAT principalmente relacionado as fêmeas nos dois locais de coletas, que supostamente, estão livres da aplicação de contaminante químico (Figura 2).

Augustyniak et al. (2009), identificaram interações significativas entre as variáveis grupo etário e local de coleta para a atividade enzimática da GST em ninfas de *Chorthippus brunneus*, Thunberg 1815 (Orthoptera: Acrididae). De acordo com esses autores, é importante considerar essas variáveis por conta da sua significância pelo teste da ANAVA. Assim, no presente estudo, interações significativas também foram identificadas pelo teste da ANAVA entre o local de coleta e sexo (macho e fêmea) em adultos de *Cornops frenatum frenatum* para os biomarcadores GST e CAT (Tabela 1). Esse resultado apresenta a importância de analisar as diferenças relacionadas ao gênero, pois, geralmente as fêmeas de gafanhotos são diferentes tanto na fisiologia como na anatomia comparado com os machos e os resultados podem variar.

Ainda de acordo com Augustyniak e Migula (2000) e Augustyniak et al., (2009), a resposta enzimática de um organismo pode ser modificada por gênero,

idade, estágio de desenvolvimento, estado nutricional e tipo de habitat. Augustyniak e Migula (2000) também enfatizam que, em ortópteros as fêmeas geralmente são maiores do que os machos e consomem mais alimentos, acumulando quantidades de toxinas que precisam ser desintoxicadas.

Yousef et al., (2017) analisaram uma variedade de marcadores de poluentes ambientais, incluindo a CAT, em gafanhotos *Aiolopus thalassinus* coletados em áreas contaminadas por resíduos da indústria de fertilizantes, neste estudo a atividade dessa enzima foi significativamente menor em machos e fêmeas do que o controle. Segundo estes autores, o aumento da produção de espécies reativas de oxigênio – EROS pode causar danos oxidativo inibindo a atividade de enzimas antioxidantes, a exemplo da CAT. Os pesquisadores também destacam que, o inseto pode utilizar outros múltiplos mecanismos de defesa contra os xenobióticos.

Augustyniak et al. (2009) em pesquisa com ninfas de *Chorthippus brunneus* (Thunberg, 1815) em ambientes poluídos pela indústria de mineração e uma área controle sem poluição por metais, identificaram maior atividade da GST na prole de fêmeas jovens do local de controle ($252,66 \pm 27,51 \mu\text{mol}\cdot\text{min}\cdot\text{mg}\cdot\text{proteína}^{-1}$). Apesar de não possuir controle e nem aplicar ou expor a produtos tóxicos, a atividade da GST das fêmeas nessa pesquisa foi maior nos dois pontos de coletas (Fazenda Experimental CCAAB/UFRB $365,05 \pm 162 \mu\text{mol}\cdot\text{min}\cdot\text{mg}\cdot\text{proteína}^{-1}$ e Granja São Luís $445,40 \pm 128,75 \mu\text{mol}\cdot\text{min}\cdot\text{mg}\cdot\text{proteína}^{-1}$) do que as ninfas do estudo dos autores supracitados.

A atividade enzimática da GST e CAT também foram verificadas em outros invertebrados, exemplo disso é o estudo de Cervera et al. (2003) que mediram a atividade enzimática de ninfas de *Oncopeltus fasciatus* (Dallas) (Heteroptera: Lygaeidae) exposto ao cádmio, em concentrações de 20 e 200 mg de Cd.litro⁻¹. A atividade da GST nos insetos controle permaneceu constante durante todo o experimento 1, 3, 5 e 7 dia sem grandes variações ($53,3 \pm 3,5$, $55,08 \pm 0,2$, $51,1 \pm 4,4$, $46,02 \pm 1,1$ unidade?), assim como, as atividades da GST e CAT permaneceram inalteradas. Segundo esses autores, é possível que as espécies reativas de oxigênio (EROS) produzidas pelo cádmio inibiram diretamente as enzimas GST e CAT.

Badiou-Bénéteau et al. (2012), em seu estudo avaliou a atividade da AChE, CCEs, nGST, ALP e CAT em abelhas *Apis mellifera* expostas ao xenobiótico

thiamethoxam. Esse composto tóxico provocou aumento das enzimas GST e CAT, o que sugeriu indução de estresse oxidativo pelo tiametoxam. Já El Samad et al. (2015) investigaram o sistema antioxidante de *Blaps polycresta* (Coleoptera: Tenebrionidae) em áreas poluídas por metais pesados no Egito, os resultados mostraram diminuição na atividade enzimática da GST e CAT em machos e fêmeas. Esse resultado difere dos Orthopteras: Acrididae quando se compara o gênero, pois em alguns estudos os adultos machos, apresentaram atividade enzimática para CAT semelhante ao controle, enquanto que nas fêmeas tiveram aumento para essa enzima (ZHANG et al. 2011, AUGUSTYNIAK; MIGULA 2000).

Vale ressaltar que os insetos utilizados no presente estudo consumiam a mesma vegetação (*Heliconia* spp.), apesar dessa similaridade, o ponto de coleta “Granja São Luís” possui maior oferta de alimento do que o ponto Fazenda Experimental CCAAB/UFRB. Além disso, é possível que na “Granja São Luís” esteja exposto a maior poluição por estar aproximadamente a dois metros da BR – 324 com alto fluxo de veículos o que pode acarretar na liberação de vários compostos tóxicos como, monóxido de carbono e hidrocarbonetos, por exemplo, que conseqüentemente, podem ser bioacumulados nos organismos vivos (AYRAULT et al., 2016). Por isso, essas diferenças podem estar relacionadas aos resultados significativos na interação sexo e pontos de coleta.

Scarduelli et al. (2017) salientam que, a interpretação dos dados dos biomarcadores pode ser problemática e desafiadora. Pois, os principais problemas para o uso de biomarcadores na ecotoxicologia e na avaliação de risco ecológico, é entender se as respostas medidas são indicadores de estresse ou estão dentro da variabilidade natural produzida pelos parâmetros ambientais.

CONCLUSÃO

Com esse estudo foi possível verificar a atividade enzimática da Glutathione-S-Transferase e Catalase nos gafanhotos *Cornops frenatum frenatum* em condições ambientais naturais. Os machos coletados na Fazenda Experimental do CCAAB/UFRB apresentaram maior atividade das enzimas GST e CAT, quando comparados com as fêmeas coletadas no mesmo local. Já nos gafanhotos coletados no sítio “Granja São Luís”, a maior atividade dessas enzimas foi observada nas fêmeas. Assim, pode-se inferir que o intestino médio desses

gafanhotos é um bom material biológico para estudos da atividade enzimática de GST e CAT.

REFERENCIAIS

ADIS, J.; BUSTORF, E.; LHANO, M. G.; AMEDEGNATO, C.; NUNES, A. L. Distribution of *Cornops* grasshoppers (Leptysminae: Acrididae: Orthoptera) in Latin America and the Caribbean Islands. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 42, n. 1, p. 11-24, 2007.

AUGUSTYNIAK, M.; BABCZYŃSKA, A.; AUGUSTYNIAK, M. Does the grasshopper *Chorthippus brunneus* adapt to metal polluted habitats? A study of glutathione-dependent enzymes in grasshopper nymphs. **Insect Science**.v.16, p.33-42, 2009.

AUGUSTYNIAK, M.; MIGULA, P. Body burden with metals and detoxifying abilities of the grasshopper *Chorthippus brunneus* (Thunberg) from industrially polluted areas. **Trace Metals in the Environment** 4: 423-454, 2000.

AYRAULT S.; CATINON M.; BOUDOUMA O.; BORDIER L.; AGNELLO G.; REYNAUD S.; TISSUT M. Metal exposure in cows grazing pasture contaminated by iron industry: Insights from magnetic particles used as tracers. **Environmental Pollution**, v.212 p. 565-573, 2016.

ABDELFAH, E. A.; AUGUSTYNIAK, M.; YOUSEF, H. A. Biomonitoring of genotoxicity of industrial fertilizer pollutants in *Aiolopus thalassinus* (Orthoptera: Acrididae) using alkaline comet assay. **Chemosphere** 182: 762 - 770, 2017.

AZAM, I.; AFSHEEN, S.; ZIA, A.; JAVED, M.; SAEED, R.; SARWAR, M. K.; MUNIR, B. Evaluating insects as bioindicators of heavy metal contamination and accumulation near Industrial Area of Gujrat, Pakistan. **BioMed Research International**, v.2015, p.11, 2015.

BADENHAUSSER, I.; GROSS, N.; CORDEAU, S.; BRUNETEAU, L.; VANDIER, M. Enhancing grasshopper (Orthoptera: Acrididae) communities in sown margin strips: the role of plant diversity and identity. **Arthropod-Plant Interactions**. v. 9, n. 4, p. 333-346, 2015.

BADIOU-BÉNÉTEAU, A.; CARVALHO, S. M.; BRUNET, J.L.; CARVALHO, G. A.; BULETE, A.; GIROUD, B.; BELZUNCES, L. P. Development of biomarkers of exposure to xenobiotics in the honey bee *Apis mellifera*: Application to the systemic insecticide thiamethoxam. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 82 p.22–31, 2012.

BLADEREN.; P. J. V. Glutathione conjugation as a bioactivation reaction. **Chemico-Biological Interactions**, v. 129 p. 61–76, 2000.

BEUTLER, E. **Red cell metabolism: a manual of biochemical methods**. 2^o edition. Gru e Straton, New York, p.160, 1975.

BUHL, J.; SWORD, G.A.; CLISSOLD, F.J.; SIMPSON, S.J. Group structure in locust migratory bands. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 65 n. 2 p. 265-273, 2011.

CERVERA, A.; MAYMO, A.C.; MARTINEZ-PARDO, R.; GARCERA, M.D. Antioxidant Enzymes in *Oncopeltus fasciatus* (Heteroptera: Lygaeidae) Exposed to Cadmium. **Environmental Entomology**, 32:706-710, 2003.

COLAS, F.; VIGNERON, A.; FELTEN, V.; DEVIN, S. The contribution of a niche-based approach to ecological risk assessment: Using macroinvertebrate species under multiple stressors. **Environmental Pollution**, 185: 24 – 34, 2014.

EL SAMAD, L. M.; MOKHAMER, EL-H.; OSMAN, W.; ALI, A.; SHONOUDA, M.L. The ground beetle, *Blaps polycresta* (Coleoptera:Tenebrionidae) as Bioindicator of Heavy Metals Soil Pollution. **Journal of Advances in Biology** 7(1): 1153-1160, 2015.

KEEN, J. H.; HABIG, W.H.; JAKOBY, W.B. Mechanism for the several activities of the Glutathione S- transferases. **Journal of Biological Chemistry** 251(20): 6183-6188, 1976.

NUNES-GUTJAHR, A. L.; BRAGA, C. E. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Editor: Neusa Hamada, Jorge Luiz Nessimian, Ranyse Barbosa Querino. Manaus : Editora do INPA, p.724, 2014.

NUNES-GUTJAHR, A.L.; BRAGA, C. E. Gafanhotos In: OLIVEIRA, M.L. et al. **Reserva Ducke: A biodiversidade Amazônica através de uma grade**. Manaus: INPA, 131-143 pp, 2011.

OOST, V. D. R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N. P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 13, n. 2, p. 57-149, 2003.

RIBEIRO, R.C.; LEMOS, W.P.; PODEROSO, J.C.M.; PIKART, T.G.; ZANUNCIO, J. C. New record of grasshopper (Orthoptera: Acrididae e Romaleidae) defoliators and population dynamics of insects on crops of *Heliconia* spp. in the Amazon. **Entomologist** 96(1): 225-228, 2013.

REGOLI, F., GIULIANI, M. E. Oxidative pathways of chemical toxicity and oxidative stress biomarkers in marine organisms. **Marine Environmental Research**, v. 93 p.106-117, 2014.

SCARDUELLI, L.; GIACCHINI, R.; PARENTI, P.; MIGLIORATI, S.; BRISCO A.M.; VIGHI, M. Natural variability of biochemical biomarkers in the macro-zoobenthos:

dependence on life stage and environmental factors. **Environmental Toxicology and Chemistry**, 9999:1–10, 2017.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 38, n. 7, p. 995–1014, 2005.

SPERBER, C. F.; MEWS, C. M.; LHANO, M. G.; CHAMORRO, J.; MESA, A. Orthoptera. In.: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Editora Holos, p.272, 2012.

SONG, H.; AMÉDÉGNATO, C.; CIGLIANO, M. M.; DESUTTER-GRANDCOLAS, L.; HEADS, S. W.; HUANG, Y.; OTTE, D.; WHITING, M. F. 300 million years of diversification: elucidating the patterns of orthopteran evolution based on comprehensive taxon and gene sampling. **Cladistics**, p. 1-31, 2015.

YOUSEF, H. A.; ABDELFATTAH, E.; AUGUSTYNIAK, M. Evaluation of oxidative stress biomarkers in *Aiolopus thalassinus* (Orthoptera: Acrididae) collected from areas polluted by the fertilizer industry. **Ecotoxicology**, 26(3):340-350, 2017.

ZHANG, Y.; SUN, G.; YANG, M.; WU, H.; ZHANG, J.; SONG, S.; MA, E.; GUO, Y. Chronic accumulation of cadmium and its effects on antioxidant enzymes and malondialdehyde in *Oxya chinensis* (Orthoptera: Acridoidea). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, p. 1355- 1362, 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho de dissertação apresentou informações relevantes sobre o gafanhoto *Cylindrotettix* sp. da subfamília Leptyminae, para o qual encontram-se poucos estudos sobre a bioecologia desses indivíduos. Tais resultados ajudam a entender a distribuição dos gafanhotos (adultos e ninfas), bem como sua biologia e comportamento.

Percebe-se que, é fundamental conhecer a relação das variáveis do clima com a abundância e biomassa seca de insetos, principalmente os que podem se tornar potenciais pragas agrícolas, a exemplo dos gafanhotos, quando atacam lavouras causam danos econômicos significativos e o estudo de fenologia pode auxiliar na redução das pragas por possibilitar a identificar os estágios ninfas e maior abundância em determinados períodos (primavera, verão, inverno e outono).

Verificar a atividade enzimática dos gafanhotos *Cornops frenatum frenatum* é um marco importante em estudos de ecotoxicologia com esses insetos, pois a maioria dos trabalhos nessa área são com organismos aquáticos e no Brasil, não foram encontrados estudos nessa linha de pesquisa com gafanhotos.

Levando em consideração que os gafanhotos são bons indicadores ambientais, é interessante expandir as pesquisas com esses insetos principalmente com um grupo controle, coletas em áreas próximas e/ou no local da poluição, análise de metais pesados nas plantas hospedeiras destes insetos, além disso, verificar a contaminação do solo, dos ovos das fêmeas que ovipositam nesse ambiente, dentre outros.

Assim, os resultados desse trabalho podem auxiliar outros estudos na fenologia e ecotoxicologia de artrópodes e instigar outros pesquisadores a contribuírem nessa área.