



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**INVASÃO E ESTABELECIMENTO DE *DIGITONTHOPHAGUS GAZELLA*
(FABRICIUS) (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EM FRAGMENTO DE
TRANSIÇÃO CERRADO-MATA ATLÂNTICA**

MARINA ACERO ANGOTTI

Araras

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**INVASÃO E ESTABELECIMENTO DE *DIGITONTHOPHAGUS GAZELLA*
(FABRICIUS) (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EM FRAGMENTO DE
TRANSIÇÃO CERRADO-MATA ATLÂNTICA**

MARINA ACERO ANGOTTI

ORIENTADOR: PROF. Dr. CARLOS ALBERTO HECTOR FLECHTMANN

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Agroecologia e
Desenvolvimento Rural como requisito
parcial à obtenção do título de
MESTRE EM AGROECOLOGIA E
DESENVOLVIMENTO RURAL

Araras
2014

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

A592ie

Angotti, Marina Acero.

Invasão e estabelecimento de *Digitonthophagus gazella* (Fabricius) (Coleoptera: Scarabaeidae) em fragmento de transição cerrado-mata atlântica / Marina Acero Angotti. -- São Carlos : UFSCar, 2014.
73 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2014.

1. Agroecologia. 2. Scarabaeinae. 3. Besouro coprófago. 4. Invasão biológica. I. Título.

CDD: 630 (20^a)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DE

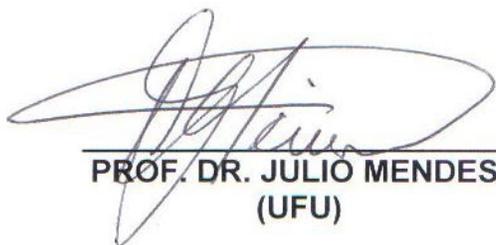
MARINA ACERO ANGOTTI

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL, DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE SÃO CARLOS, **EM 17 DE MARÇO 2014.**

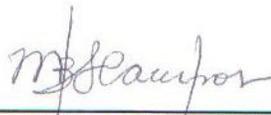
BANCA EXAMINADORA:



PROF. DR. CARLOS ALBERTO H. FLECHTMANN
ORIENTADOR
(UNESP)



PROF. DR. JULIO MENDES
(UFU)



PROF.ª. DR.ª. MARIA BERNADETE S. DE CAMPOS
(UFSCar)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que direta ou indiretamente estiveram presente neste período de minha vida.

Ao meu orientador Carlos Alberto Hector Flechtmann pela paciência, ensinamentos e por estar sempre disponível para me auxiliar.

Aos meus colegas de mestrado do curso de pós graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, especialmente Aline (Lininha), Vanessa, Paulo, Fernando e Daniel.

Aos meus amigos distantes, Liliane e Lucas, que de uma forma ou outra sempre se fizeram presentes.

Ao pessoal da república de Araras, especialmente à Patrícia (Bike), Carolina (Fivela), Nathália (Varex) pelos bons momentos que passamos juntas.

Aos meus colegas de laboratório em Ilha Solteira pelos momentos de diversão e pelo auxílio, especialmente Bruno Fuzeto, Fábio Leonel, Jean Carlos, Vinicius Tabet, Silvia Tanabe, Walter Mesquita e aos “agricolinos” (Lucas e Heitor). E também à Agnis Cristiane que deu início ao trabalho.

A todos os funcionários da Fazenda da UNESP de Ilha Solteira que tiveram um papel fundamental na realização do meu experimento. Agradeço imensamente a ajuda de todos, especialmente ao Sr. Moacir, Dê e João.

Ao meu namorado, Július César Cerqueira Silva pelo apoio, carinho, atenção e amor. Sem dúvidas você foi muito especial durante esta etapa.

À minha família, principalmente minha mãe Edna, meu pai Luiz e minha irmã Luciana que sempre estiveram ao meu lado, mesmo que distante, me apoiando e me encorajando. Amo muito vocês!

A todos que me ajudaram e se fizeram presente de alguma forma, meu muito obrigada!!!

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.	i
ÍNDICE DE FIGURAS.	ii
RESUMO.	iv
ABSTRACT.	v
1. INTRODUÇÃO.	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.	4
2.1. Invasão biológica.	4
2.2. Scarabaeidae coprófagos.	6
2.3. Introdução de besouros coprófagos.	7
2.4. Introdução de <i>D. gazella</i> no Brasil.	9
2.5. Biologia de <i>D. gazella</i>	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.	14
3.1. Área de estudo.	14
3.2. Capacidade de invasão de <i>Digitonthophagus gazella</i> (Fabricius).	14
3.3. Capacidade de desenvolvimento de <i>Digitonthophagus gazella</i>	15
3.3.1. Descrição da gaiola.	16
3.3.2. Fornecimento de massa fecal.	16
3.3.3. Consumo de massa fecal.	16
3.3.4. Determinação de indivíduos colocados sob competição.	17
3.4. Temperatura do solo e luminosidade.	18
3.5. Delineamento experimental e análise estatística.	19
4. RESULTADOS.	20
4.1. Capacidade de invasão de <i>Digitonthophagus gazella</i>	20
4.2. Capacidade de desenvolvimento de <i>Digitonthophagus gazella</i>	21
4.3. Consumo de massa fecal.	22
4.4. Temperatura do solo e luminosidade.	22
5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.	24
6. LITERATURA CITADA.	30

APÊNDICE A - TABELAS.	49
APÊNDICE B - FIGURAS.....	61

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Determinação da quantidade de espécies adicionadas em cada tratamento sob competição na fase experimental de desenvolvimento de <i>Digitonthophagus gazella</i> em área de pasto (<i>Urochloa decumbes</i>) e área de fragmento de transição cerrado-mata atlântica, Fazenda da UNESP, Selvíria/MS..	50
Tabela 2: Total de Scarabaeidae coprófagos capturados em armadilhas pitfall, em área de pastagem, borda e transição cerrado-mata atlântica. Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, de fevereiro a março e outubro a dezembro de 2012..	51
Tabela 3: Total de Scarabaeidae coprófagos capturados em armadilhas pitfall, em área de pastagem, borda e transição cerrado-mata atlântica. Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, de janeiro a julho de 2013..	53
Tabela 4: Resultados da escavação referente ao experimento de desenvolvimento de <i>D. gazella</i> em área de pasto e mata na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, realizado de março a junho de 2012..	56
Tabela 5: Resultados da escavação referente ao experimento de desenvolvimento de <i>D. gazella</i> em área de pasto e mata na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, realizada de fevereiro a julho de 2013.	57
Tabela 6: Comparação das fases de desenvolvimento (FD) de <i>D. gazella</i> entre tratamentos em área de pastagem e fragmento de transição cerrado-mata atlântica. Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, de março a junho de 2012..	59
Tabela 7: Comparação das fases de desenvolvimento (FD) de <i>D. gazella</i> entre tratamentos em área de pastagem e fragmento de transição cerrado-mata atlântica. Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, de fevereiro a junho de 2013..	60

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Transecto no qual foram instaladas as armadilha *pitfall* em área de pasto (*Urochloa decumbes*) e área de fragmento de transição cerrado-mata atlântica, Fazenda da UNESP, Selvíria/MS.. 62
- Figura 2: Armadilhas *pitfall* iscadas com massa fecal bovina (acima) e massa fecal suína (abaixo), nos anos de 2012 e 2013 respectivamente em área de pastagem (*Urochloa decumbes*), Fazenda da UNESP, Selvíria/MS.. 63
- Figura 3: Armadilhas *pitfall* iscadas com massa fecal bovina (acima) e massa fecal suína (abaixo), nos anos de 2012 e 2013 respectivamente em área de fragmento de transição cerrado-mata atlântica, Fazenda da UNESP, Selvíria/MS... 64
- Figura 4: Registro de temperatura com o aparelho minitemp em área de pasto (acima) (*Urochloa decumbes*) e área de fragmento de transição cerrado-mata atlântica (abaixo), Fazenda da UNESP, Selvíria/MS... 65
- Figura 5: Registro da intensidade luminosa em luxímetro Minilux em área de pasto (acima) (*Urochloa decumbes*) e área de fragmento de transição cerrado-mata atlântica (abaixo), Fazenda da UNESP, Selvíria/MS... 66
- Figura 6: Gaiolas para a fase de desenvolvimento de *Digitonthophagus gazella* em área de pasto (*Urochloa decumbes*) em 2012 (acima) e 2013 (abaixo), na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS... 67
- Figura 7: Gaiolas para a fase de desenvolvimento de *Digitonthophagus gazella* em área de fragmento de transição cerrado-mata atlântica em 2012 (acima) e 2013 (abaixo), na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS.. 68

Figura 8: total de indivíduos de *D. gazella* capturados em armadilhas pitfall em área de pasto, borda e fragmento de transição cerrado-mata atlântica na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, de fevereiro a maio e outubro a dezembro de 2012 e de janeiro a julho de 2013.. 69

Figura 9: Média de captura de indivíduos de *D. gazella* em armadilhas pitfall em área de pasto, borda e fragmento de transição cerrado-mata atlântica na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, (a) de fevereiro a maio e outubro a dezembro de 2012; (b) de janeiro a julho de 2013. Dados seguidos pela mesma letra não diferem, na coluna pasto e fragmento, ao nível de 5% de segurança pelo teste de Tukey... 70

Figura 10: Média de consumo de massa fecal em diferentes tratamentos em área de pastagem e fragmento de transição cerrado-mata atlântica, realizado no período de fevereiro a julho de 2013 na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS. GAZBp: *D. gazella* + *D. bos* (pasto); GAZEp: *D. gazella* (pasto); GAZBf: *D. gazella* + *D. bos* (fragmento); GAZEf: *D. gazella* (fragmento) e GAZOf: *D. gazella* + *E. nigrovirens* + *C. histrio* + *O. appendiculatus* (fragmento)... 71

Figura 11: Comparação da média de consumo de massa fecal em três tratamentos, GAZB: *D. gazella* + *D. bos*; GAZE: *D. gazella* e GAZO: *D. gazella* + *E. nigrovirens* + *C. histrio* + *O. appendiculatus*, nas áreas de pasto (*Urochloa decumbes*) e fragmento de transição cerrado-mata atlântica, na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, período de fevereiro a julho de 2013. 72

Figura 12: Comparação entre captura de indivíduos de *D. gazella* em armadilhas pitfall em área de pasto, borda e fragmento de transição cerrado-mata atlântica com temperatura e luminosidade obtida nas mesmas, durante o período de janeiro a julho de 2013 na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS. 73

INVASÃO E ESTABELECIMENTO DE *DIGITONTHOPHAGUS GAZELLA* (FABRICIUS) (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EM FRAGMENTO DE TRANSIÇÃO CERRADO-MATA ATLÂNTICA

Autor: MARINA ACERO ANGOTTI

Orientador: Prof. Dr. CARLOS ALBERTO HECTOR FLECHTMANN

RESUMO

A espécie *Digitonthophagus gazella* é conhecida mundialmente pelo fato de ter sido introduzida em regiões tropicais e subtropicais de vários países. O objetivo dessas introduções foi o de auxiliar na remoção de massas fecais em áreas de pastagem e no controle biológico de moscas de importância veterinária. *D. gazella* apresenta preferência por habitats abertos e ensolarados e de vegetação herbácea, porém há indícios de que esta vem se adaptando a áreas fechadas. Com isso, este estudo objetivou avaliar a capacidade de *D. gazella* em se desenvolver em ambiente florestal. O estudo foi realizado nos anos de 2012 e 2013 na Fazenda de Pesquisa e Extensão da UNESP - campus de Ilha Solteira, em Selvíria/MS. Para avaliar a presença de *D. gazella* na mata foram utilizadas armadilhas *pitfall* e para verificar a capacidade de desenvolvimento um casal da referida espécie foi mantido no pasto e no fragmento florestal na ausência e presença de competidores. Os resultados indicam que *D. gazella* é capaz de entrar no fragmento florestal, porém a curtas distâncias da borda. E que de forma geral os indivíduos desta espécie não são capazes de se desenvolverem e se estabelecerem no fragmento florestal.

Palavras-chave: Scarabaeinae, besouros coprófagos, invasão biológica.

INVASION AND ESTABLISHMENT OF *DIGITONTHOPHAGUS GAZELLA* (FABRICIUS) (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) IN TRANSITION FRAGMENT ATLANTIC FOREST

Author: MARINA ACERO ANGOTTI

Adviser: CARLOS ALBERTO HECTOR FLECHTMANN

ABSTRACT

Digitonthophagus gazella is known worldwide because it has been introduced in tropical and subtropical regions of several countries. The aim of this introduction was to assist in the removal of dung pats in pasture areas and to aid in the biological control of flies of veterinary importance. Thus, although *D. gazella* has a preference for open and sunny habitats and herbaceous vegetation, there is evidence that it apparently has been adapting to closed-canopy areas. Therefore, this study aimed at evaluating the ability of *D. gazella* to develop in a forest environment. The study was conducted in 2012 and 2013 in the Farm of UNESP - Ilha Solteira in Mato Grosso do Sul, Brazil. To evaluate the presence of *D. gazella* in the forest were used pitfall traps and to verify its capability of develop in this habitat couples of this species were kept in pasture and forest fragment in the absence and presence of competitors. The results indicate that *D. gazella* is able to enter the forest fragment, but at short distances from the edge. Additionally, *D. gazella* was not able to develop and establishment in the forest fragment.

Keywords: Scarabaeinae, dung beetle, biological invasion.

1. INTRODUÇÃO

Besouros da família Scarabaeidae, sub-família Scarabaeinae, são conhecidos popularmente como “rola-bostas”. Estes alimentam-se de massa fecal e também a incorporam ao solo no processo de nidificação. Ao incorporarem massa fecal, eles contribuem no controle biológico de nematóides e parasitas de importância veterinária, cujas larvas desenvolvem-se em massa fecal (BLUME et al., 1973; MOON et al., 1980; DOUBE; MOOLA, 1988; DOUBE et al.; 1988). Além disso, contribuem no processo de ciclagem de nutrientes, além de aumentarem a aeração do solo, infiltração de água e estruturação do solo, por meio do processo de construção de galerias (BORNEMISSZA, 1960; GILLARD, 1967).

Devido aos benefícios fornecidos por estes besouros, pesquisadores da Austrália iniciaram um estudo para importar besouros coprófagos para o país (BORNEMISSZA, 1979). Devido à importação de gado pelos colonizadores europeus para a Austrália, começou a haver um acúmulo excessivo de massa fecal nos pastos, ocasionando a morte destes e tornando-os inutilizáveis. Dessa forma, a Austrália

criou um programa em que várias espécies provindas da África foram introduzidas e criadas massalmente. Os objetivos desta introdução foram o controle de nematóides e moscas e diminuição de massa fecal na pastagem. Dentre essas espécies, *Digitonthophagus gazella* foi uma das que melhor se adaptou às condições locais em que foi liberado (DOUBE; MACQUEEN, 1991).

No Brasil, o CNGC-EMBRAPA de Campo Grande/MT usou das mesmas razões alegadas por pesquisadores australianos para a importação de espécies exóticas de rola bostas no país deles, para a importação e liberação de *D. gazella* em pastagens brasileiras. A fundamentação para tal deliberação foi curiosamente baseada apenas no resultado da coleta de besouros coprófagos em três armadilhas de impacto de vôo em seu Centro (HONER et al., 1987). O besouro africano foi importado e criado massalmente em diferentes locais e liberado em pastagens em quase todos os estados brasileiros. Entretanto, na época não foi feito nenhum estudo prévio para avaliar possíveis impactos negativos na fauna autóctone em função desta importação e liberação no campo.

O único estudo que vem sendo feito para avaliar os possíveis efeitos da introdução e estabelecimento do *D. gazella* em pastagens brasileiras, está sendo desenvolvido desde 1989 na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) em Ilha Solteira (SP). Os dados ora coletados indicam ter havido um impacto negativo na diversidade da fauna de rola-bostas nativos encontrados associados a massas fecais bovinas, em pastagens em Selvíria (MS). Adicionalmente não houve um aumento nos níveis de incorporação de massa fecal para compensar pelo impacto negativo que estes vem causando na biodiversidade de coprófagos (FLECHTMANN, 2004). *D. gazella* apresenta preferência por habitats abertos e ensolarados, e de vegetação herbácea, tanto em sua área de distribuição natural (DAVIS, 1987; DOUBE et al., 1991; DOUBE; MACQUEEN, 1991) como nas áreas em que foi introduzido (DOUBE, 1991; LOBO; MONTES-DE-OCA, 1994). Entretanto, há indícios de que aparentemente este vem se adaptando a áreas fechadas, pois indivíduos estão sendo eventual e esporadicamente capturados no interior de mata

(TABET; FLECHTMANN, dados não publicados).

Esta espécie de Scarabaeinae é um eficiente competidor com outras espécies de mesmo hábito de nidificação, o paracoprídeo, demonstrando capacidade de redução populacional e mesmo extinção local de espécies nativas (FLECHTMANN, 2004). A possibilidade de *D. gazella* em se adaptar a áreas de vegetação fechada, como o bioma de cerrado e mata atlântica por exemplo, poderia causar efeitos devastadores à fauna coprófaga local, com sérias implicações na biodiversidade.

Desta forma, faz-se extremamente relevante investigar se esta espécie apresentaria condições de adaptação a biomas de vegetação fechada, contrapondo-se à vegetação de pastagens, estas tipicamente abertas. Determinar se o besouro coprófago africano *Digitonthophagus gazella* teria a capacidade de invadir área de fragmento de vegetação fechada de transição cerrado-mata atlântica em Selvíria/MS e caso ele consiga invadir este ambiente, verificar se a espécie consegue se desenvolver. Adicionalmente, avaliar se as condições abióticas do fragmento e a incapacidade em competir com espécies autóctones de rola bostas seriam possíveis razões para a aparente inabilidade de *D. gazella* em estabelecer-se nesta área.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Invasão biológica

Uma espécie é considerada exótica quando entra em um ambiente onde não existia anteriormente (BARBIERI et al., 2007) e quando está é capaz de gerar danos ao meio ambiente é considerada como exótica invasora (RICHARDSON et al., 2000). Assim, nem toda espécie exótica é invasora, pois algumas espécies exóticas podem ser benéficas, como aquelas introduzidas como culturas alimentares, o gado e aquelas utilizadas no controle biológico de pragas e no esporte (PIMENTEL et al., 2000).

Dessa forma, denominam-se espécies exóticas invasoras os organismos introduzidos em uma área em que naturalmente não ocorrem e que podem gerar ameaças a ecossistemas, habitats ou outras espécies (MMA, 2006) . Além disso, apresentam elevado potencial de dispersão, de colonização e de dominação dos

ambientes invadidos, gerando assim uma pressão sobre as espécies nativas e podendo levá-las à exclusão (ZILLER, 2001; RICHARDSON et al., 2000; MMA, 2006). O problema gerado pelas espécies invasoras é catastrófico, visto que as plantas invasoras, por exemplo, são consideradas a segunda maior ameaça mundial à biodiversidade. Elas perdem apenas para a destruição de habitats pela exploração humana (ZILLER, 2001).

Essas invasões podem ser intencionais (deliberadas) ou acidentais (MACK et al., 2000). As intencionais ocorrem quando espécies são levadas pelo homem para um ambiente em que elas não existem naturalmente. Elas geralmente ocorrem com fins econômicos, sociais e/ou ambientais. Esse tipo de introdução é ou já foi realizada em quase todas as regiões do mundo (RILEY, 2005). As invasões não intencionais ou acidentais são aquelas que podem ocorrer decorrentes de uma dispersão ou quebra de barreira biológica, em que a espécie consegue através de algum fator, que não o homem diretamente, chegar a uma área não colonizada anteriormente por ela (MACK et al., 2000).

Cerca de 2000 a 50000 espécies foram introduzidas nos Estados Unidos, Reino Unido, Austrália, África do Sul, Índia e Brasil. A partir dessas introduções, muitas espécies nativas foram ameaçadas pela concorrência e predação de invasores, ou pela mudança que eles provocaram no ecossistema e até mesmo pela hibridização com as espécies nativas (PIMENTEL et al., 2001). No Brasil, há cerca de 547 organismos considerados como invasores, levando em consideração nesta contagem espécies que afetam o ambiente terrestre, o marinho, as águas continentais, os sistemas produtivos e a saúde humana (MMA, 2006).

Considerando-se a classe Insecta, foram identificados 403 trabalhos até o ano de 2007 que investigavam os efeitos ecológicos de insetos invasores e/ou os mecanismos subjacentes a estes efeitos (KENIS et al., 2009). A maioria desses estudos foi realizada na América do Norte, constando de 72 espécies de insetos invasores. A compilação dos estudos mostra que na ordem Coleoptera, os insetos considerados invasores pertencem às famílias Curculionidae, Carabidae e

Coccinellidae (KENIS et al., 2009).

Diante da situação atual em Selvíria/MS, a espécie *D. gazella* pode ser considerada invasora nesta área em que está introduzida, devido aos prejuízos que esta causa às espécies locais (FLECHTMANN, 2004).

2.2. Scarabaeidae coprófagos

A ordem Coleoptera, destaca-se por ser a maior ordem de insetos e contém mais de 350000 espécies descritas. Dentro dos coleópteros uma família especiosa é Scarabaeidae, com 28000 espécies descritas (GRIMALDI; ENGEL, 2005). No Brasil, são conhecidas 618 espécies, pertencentes a 49 gêneros, e dentre as espécies, 223 são endêmicas do país (VAZ-DE-MELLO, 2000).

Os indivíduos da família Scarabaeidae apresentam hábitos alimentares diversos, alimentando-se de fezes de diversos animais, carniça e outros detritos orgânicos (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; BLUME et al., 1974; HANSKI; CAMBERFORT, 1991; KLEIN, 1989). Aqueles que se alimentam exclusivamente de excrementos são popularmente conhecidos como “rola-bostas” (HALFFTER; EDMONDS, 1982; HALFFTER; MATTHEWS, 1966). Estes pertencem à sub-família Scarabaeinae e são caracterizados morfológicamente pelo clipeo expandido, cobrindo as peças bucais, mandíbula lameliforme na maior parte membranosa, com apenas a margem externa endurecida, antenas lameladas com 8 ou 9 segmentos, coxas médias bem separadas, tíbias posteriores quase sempre com esporão apical único (GILL, 2002). Os rola-bostas alimentam-se de fezes tanto na fase adulta quanto larval (ALARCÓN et al., 2009; MARTINS; CONTEL, 1997; BORNEMISSZA; WILLIAMS, 1970). No entanto, devido à diferença no aparelho bucal, os adultos se alimentam do líquido e partes coloidais do excremento, enquanto que as larvas mastigam e ingerem todo o excremento (BORNEMISSZA, 1970; BORNEMISSZA, 1979).

As espécies de besouros coprófagos podem ser classificadas de acordo com a forma de nidificação em telecoprídeos, paracoprídeos ou endocoprídeos

(HALFFTER; MATTHEWS, 1966). Os telecoprídeos são os que rolam a massa fecal em forma de “bola” para uma certa distância para somente então enterrá-la; os paracoprídeos enterram o esterco no próprio local ou ao redor da massa e os endocoprídeos são os que permanecem na massa fecal, formando suas galerias ali mesmo (DOUBE, 1990).

Devido ao hábito das espécies construírem galerias no seu processo de nidificação e enterrarem massa fecal, elas contribuem na prevenção contra perda de nitrogênio (GILLARD, 1967), na ciclagem de nutrientes e aeração do solo (BORNEMISSZA, 1960), o que resulta em um maior crescimento de plantas (GALBIATI et al., 1995). Além disso, contribuem no controle biológico ao competirem por alimento com nematóides e moscas de importância veterinária (BLUME et al., 1973; MOON et al., 1980; DOUBE; MOOLA, 1988; DOUBE et al.; 1988; BRITO et al., 2007). Adicionalmente, os rola-bostas apresentam taxonomia bem definida (HALFFTER; FAVILA, 1993), são facilmente coletados e em curto período de tempo, possuem protocolo de amostragem razoavelmente padronizado (NICHOLS; GARDNER, 2011) e são um grupo abundante, principalmente na região tropical e savana (HALFFTER; FAVILA, 1993), além de serem sensíveis às mudanças do meio ambiente (DURÃES et al., 2005). Essas características fazem com que eles sejam muito utilizados como bioindicadores de qualidade de habitat (DURÃES et al., 2005) e de mudanças ambientais (FAVILA; HALFFTER, 1997; HALFFTER; FAVILA, 1993; HERNÁNDEZ, 2007).

2.3. Introdução de besouros coprófagos

Na Austrália, foi observado que devido ao crescimento da agropecuária e introdução de bovinos, começou a ocorrer um acúmulo de massa fecal em pastagens, gerando grandes prejuízos aos fazendeiros (BORNEMISSZA, 1979). Esses prejuízos levam em conta a perda da pastagem, pois o excremento exposto por muito tempo na superfície do solo acaba impedindo o crescimento do pasto (MIRANDA et al., 1990). Adicionalmente, tornam o local inutilizável para o gado, visto

que eles não se alimentam das gramíneas próximas à massa fecal e suas adjacências (BORNEMISSZA, 1960; MIRANDA et al., 1990). Isto faz com que ocorra um aumento no número de moscas e parasitas, pois as fezes que permanecem no solo fornecem um ambiente propício para o desenvolvimento desses indivíduos.

Na tentativa de solucionar o problema, a Austrália criou um projeto com o intuito de importar besouros coprófagos de regiões da África, pois lá se originaram bovinos e outros mamíferos, logo existem espécies adaptadas a este tipo de excremento (BORNEMISSZA, 1979). Desta maneira, foram estudadas diversas espécies de besouros e avaliada a capacidade de desenvolvimento das mesmas. Entre 1968 e 1983, 22 espécies de rola bosta provenientes da África foram liberadas na Austrália (DOUBE; MACQUEEN, 1991). As espécies escolhidas foram criadas massalmente e liberadas em pastagens do país (BORNEMISSZA, 1979).

A maioria dos escaravelhos introduzidos na Austrália e posteriormente nas Américas pertencem aos gêneros *Onthophagus* e *Onitis* (DOUBE, 1990). Dentre elas, destaca-se *Digitonthophagus gazella* (Fabricius). Esta espécie antigamente pertencia ao gênero *Onthophagus* Latreille 1802, subgênero *Digitonthophagus* Balthasar 1959 (ZUNINO, 1981). A distribuição natural de *D. gazella* compreende a África, Madagascar e Ilhas Comores, Península Arábica, e todo o subcontinente indiano, incluindo Sri Lanka (ZUNINO, 1981; BALTHASAR, 1963).

Após a introdução de *D. gazella* na Austrália e no Texas, a espécie começou a ser capturada em diversas regiões onde não existia anteriormente. Na América a espécie foi importada pela primeira vez pelos Estados Unidos em abril de 1970, por meio de indivíduos provenientes da Austrália (BLUME; AGA, 1978; BLUME et al.; 1973). A primeira liberação ocorreu em 1972 em Victoria County e Kleberg County no Texas, com cerca de 5000 indivíduos liberados (BARBERO; LÓPEZ-GUERRERO, 1992; BLUME; AGA, 1978). Nesta região, o besouro se espalhou rapidamente e em 1975, ou seja após 3 anos, ele já tinha ocupado mais do que 32 km além da área original. Em 1976 a espécie podia ser encontrada em praticamente todo o sul do Texas (BLUME; AGA, 1978). Em 1983, *D. gazella* foi encontrado pela primeira vez

na Flórida, próxima e em armadilha luminosa (DOWNIE, 1984).

Em 1995, indivíduos de *D. gazella* foram capturados pela primeira vez na Colômbia (NORIEGA, 2002). Quinze anos após a primeira captura foi realizado um compilamento dos estudos feitos na região e constatou-se que a espécie se encontrava distribuída por grande parte da Colômbia (NORIEGA et al., 2011)

Na África do Sul *D. gazella* foi uma das quatro espécies mais abundantes capturadas na área de pastagem (DOUBE, 1983). Da mesma forma foi observado em Durango, México, em que as espécies introduzidas *D. gazella* e *Euoniticellus intermedius* (Reiche) foram dominantes tanto em abundância como em biomassa (BARBERO; LÓPEZ-GUERRERO, 1992; ANDUAGA, 2004). Barbero e López-Guerrero (1992) calcularam a distância em km viajada pela espécie, no qual variou de 2,35 a 800 km/ano dependendo da localidade. Outros autores também tentaram estimar qual seria o tempo e a taxa de colonização de *D. gazella* em diversas áreas (DELOYA, 1994; NORIEGA et al., 2011; FINCHER et al., 1983; RIVERA-CERVANTES; GARCIA-LEAL, 1991; KOHLMANN, 1994; MONTES DE OCA; HALFFTER, 1998), podendo esta dispersão ter sido de forma natural e antropogênica.

Entre os anos de 2006 e 2009 foram feitas coletas em seis províncias no centro e no norte da Argentina, no qual foram coletados 216 indivíduos adultos de *D. gazella*. Como não há registros de introdução desta espécie no país, acredita-se que ela tenha migrado de países vizinhos, como a Bolívia, Brasil ou Paraguai (ÁLVAREZ BOHLE et al., 2009). Portanto, dados sugerem que esta espécie encontra-se com populações estáveis e abundantes em várias regiões em que foi introduzida (NORIEGA et al., 2011; BLUME; AGA, 1978; FINCHER et al., 1986).

2.4. Introdução de *D. gazella* no Brasil

No Brasil, *D. gazella* foi importado do Texas em 1989, conforme autorização da Portaria nº. 28, de 22 de julho de 1988 da Secretaria de Defesa Sanitária Vegetal

modificada pela SDSV por telex em 01/03/89. Esta importação se deu pela requisição do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (NASCIMENTO et al., 1990), que se utilizou das mesmas razões alegadas por pesquisadores australianos. Foram importados 200 casais desta espécie, que foram mantidos no quarentenário da Área de Saúde Animal do CNPGC (NASCIMENTO et al., 1990).

A fundamentação para a liberação de importação de *D. gazella* se baseou primeiramente em observações preliminares e simulação CLIMEX realizadas em 1987, que identificou esta espécie como candidata à introdução (HONER et al., 1987). No ano seguinte, foi publicado outro trabalho resultado da coleta de besouros coprófagos em apenas três armadilhas de impacto de vôo no CNPGC (HONER et al., 1988). Os referidos autores definiram com base no programa CLIMEX e a relação feita por eles que, os besouros rola-rosta não teriam condições biológicas para removerem grande quantidade de massa fecal. Dessa forma, fazia-se necessária a introdução de besouros coprófagos para viabilizar um controle biológico da mosca dos chifres e dos nematódeos, e ao mesmo tempo, melhorar as pastagens (HONER et al., 1988).

Os autores ainda destacaram que nas áreas dos EUA e Austrália onde as espécies exóticas foram introduzidas, a fauna autóctone permanece intacta (HONER et al., 1988). Entretanto, nesses países foram realizados estudos de longa data antes da liberação das espécies exóticas (BORNEMISSZA, 1979), enquanto que no Brasil não foi feito nenhum estudo prévio para avaliar os possíveis impactos negativos na fauna autóctone. Contudo, atualmente está-se considerando a possibilidade de incluir *D. gazella* na lista “Espécies Exóticas Invasoras no Estado de São Paulo”, elaborada pelo CONSEMA (Comissão Temática de Biodiversidade, Floresta e Áreas Protegidas) (CONSEMA, 2011).

A partir de 1990, iniciou-se o projeto de criação deste besouro em laboratório, seguido de liberação a campo em vários estados brasileiros (BIANCHIN et al., 1998). Muito embora a criação tenha sido interrompida em 1992 (MARTINS; CONTEL,

1997), supõe-se que o besouro esteja presente em quase todo o território nacional (BIANCHIN et al., 1998).

Dessa forma, como ocorreu em diversos outros países, *D. gazella* tem sido coletado em diversos estados brasileiros (FLECHTMANN, informação pessoal). Em Aquidauana, Mato Grosso do Sul, foram coletados besouros coprófagos no período de fevereiro a dezembro de 1995, no total de 2973 indivíduos capturados 1573 eram da espécie *D. gazella* (AIDAR et al., 2000). Encontram-se também na região de Uberaba, Minas Gerais (FONSECA; KERR, 2005), Campo Grande - MT (KOLLER et al., 1999), Góias - GO (MARCHIORI et al., 2003); no Pará, Belém (MATAVELLI; LOUZADA, 2008) e em várias outras cidades e estados brasileiros.

Estudos realizados na fazenda de pesquisa da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) em Ilha Solteira (SP), tem mostrado que *D. gazella* parecem impactar negativamente a diversidade da fauna de rola-bostas nativos encontrados associados a massas fecais bovinas, em pastagens em Selvíria/MS. Adicionalmente, não houve um aumento nos níveis de incorporação de massa fecal para compensar pelo impacto negativo que estes vem causando na biodiversidade de coprófagos (FLECHTMANN, 2004).

2.5. Biologia de *D. gazella*

D. gazella apresenta preferência por habitats abertos e ensolarados, e de vegetação herbácea, tanto em sua área de distribuição natural (DAVIS, 1987; DOUBE et al., 1991; DOUBE; MACQUEEN, 1991) como nas áreas em que foi introduzido (DOUBE; MACQUEEN, 1991; DOUBE, 1991; LOBO; MONTES DE OCA, 1994).

Os indivíduos alimentam-se de fezes bovinas tanto nos estágios imaturos como quando adultos (BORNEMISSZA, 1970). Possui hábito de nidificação paracoprídea (LOBO; MONTES DE OCA, 1994; MONTES DE OCA; HALFFTER, 1998) e a profundidade de suas galerias podem variar de acordo com o tipo de solo, sendo encontradas de 15 a 51 cm de profundidade em solos arenosos e de 5 a 33

cm em solos argilosos (FINCHER; HUNTER III, 1989).

São besouros com atividade de vôo crepuscular/noturno (DOUBE, 1983; FINCHER et al., 1986). A maturação sexual é atingida cinco dias após a emergência dos besouros (BLUME; AGA, 1975; NASCIMENTO et al., 1990). Após esse período os besouros se reproduzem continuamente, dependendo da disponibilidade do excremento fresco (BLUME; AGA, 1975). Após sexualmente maduras, as fêmeas podem produzir de 72 a 90 descendentes (BLUME; AGA, 1975; MARTINS; CONTEL, 1997), e a longevidade dos indivíduos é cerca de 60 dias (BLUME; AGA, 1975; DÍAZ et al., 1995).

Nos trópicos, *D. gazella* pode se desenvolver de ovo a adulto em um período de 28 a 30 dias (BLUME; AGA, 1975; BORNEMISSZA, 1976; DÍAZ et al., 1995; FINCHER; HUNTER III, 1989). No entanto, foi observado que a diminuição da temperatura ambiental pode elevar o período de desenvolvimento da espécie (FONSECA; KERR, 2005). Na faixa de temperatura de solo entre 25 e 30°C, *D. gazella* trabalha extremamente rápido e constrói bolas de nidificação em cerca de 2 h, colocando apenas 1 ovo em cada (BORNEMISSZA, 1970).

Essa espécie apresenta dimorfismo sexual. O macho apresenta “chifres” de tamanhos variados na cabeça, enquanto que a fêmea apresenta apenas duas saliências na parte anterior do pronoto. Além disso as pernas anteriores dos machos são mais finas e angulares que as das fêmeas (DÍAZ et al., 1995; NASCIMENTO et al., 1990).

O estabelecimento da espécie em uma área nova é dependente da habilidade desta ser bem sucedida no período de inverno (estivação) (FINCHER; HUNTER III, 1989). Estudos não publicado pelo autores revelaram que adultos não sobrevivem mais do que poucos dias quando colocados em containers com solo a temperatura abaixo de 7 °C (FINCHER; HUNTER III, 1989). Dessa maneira, o sucesso da introdução de novas espécies de besouros em uma área é dependente de fatores climáticos e ecológicos, como tipo de solo, temperatura, habitat, alimentação adequada e chuvas (FINCHER; HUNTER III, 1989).

Devido a suas características como ciclo de vida curto e sua facilidade de adaptação em diversas regiões, esta espécie de Scarabaeinae é um eficiente competidor com outras espécies de mesmo hábito de nidificação, tendo demonstrado capacidade de redução populacional e mesmo extinção de espécies nativas (FLECHTMANN, 2004). A possibilidade de *D. gazella* em se adaptar a áreas de vegetação fechada, como o bioma de cerrado e mata atlântica por exemplo, poderia causar efeitos devastadores à fauna coprófaga local, com sérias implicações na biodiversidade. Desta forma, fez-se extremamente relevante investigar se esta espécie apresentaria condições de adaptação a biomas de vegetação fechada, contrapondo-se à vegetação de pastagens, estas tipicamente abertas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O experimento foi desenvolvido em duas áreas experimentais, um fragmento de 30 ha de área de transição cerrado-mata atlântica em estágio avançado de regeneração e adjacente a esta um piquete de pastagem *Urochloa decumbens* (Stapf) que possui aproximadamente 14 ha de área, onde foram mantidos cerca de 23 bovinos da raça Guzerá-Holandesa durante o experimento. As coordenadas centrais de cada uma das áreas é 20°22'59,6"S 51°24'39,2"W e 20°22'53,9"S 51°24'37,2"W, respectivamente. As áreas estavam localizadas na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), no município de Selvíria/MS.

3.2. Capacidade de invasão de *Digitonthophagus gazella* (Fabricius)

Para verificar a capacidade de *D. gazella* invadir o fragmento florestal foram

utilizadas armadilhas *pitfall* (modificadas de HOWDEN; NEALIS, 1975; LOBO et al., 1988). Foram utilizadas como isca 500 g de massa fecal bovina fresca no ano de 2012, que foram substituídas por massa fecal suína em 2013, devido à maior atratividade de besouros coprófagos por esta (FINCHER et al., 1970).

Instalou-se as armadilhas em transecto único do ponto central do pasto até o ponto central do fragmento, com orientação nordeste – sudoeste (Figura 1). O espaçamento entre as armadilhas foi de 30 m, sendo que no fragmento adicionou-se ainda duas armadilhas a 10 m e 20 m distantes da borda, considerando-se que *D. gazella* pudesse ser capaz de invadir esta área a uma distância menor do que 30 m. Assim, foram colocadas seis armadilhas no pasto, uma na borda e oito no fragmento, totalizando quinze armadilhas (Figuras 2 e 3). No pasto, cada armadilha estava cercada por um piquete para evitar que os bovinos presentes na área destruíssem as mesmas.

Em 2012, a frequência amostral foi de duas vezes por semana e os insetos capturados foram coletados 48 horas após a iscagem, sendo a isca renovada após cada coleta, totalizando 46 amostragens, no período de fevereiro a março e de outubro a dezembro. Para o ano seguinte, a iscagem foi feita três vezes por semana, sendo os insetos coletados duas vezes após 48 h e uma após 72 h. A coleta ocorreu de janeiro a julho, com um total de 79 amostragens. Todas as coletas foram feitas no período de maior atividade dos besouros coprófagos, que corresponde ao período chuvoso (FLECHTMANN et al., 1995a,b).

Após coletados, os espécimes foram identificados com base na coleção de referência do MEFEIS - Museu de Entomologia da Faculdade de Engenharia - campus de Ilha Solteira, onde espécimes *voucher* também foram depositados.

Houve necessidade de controlar saúvas *Atta sexdens rubropilosa* (Forel) devido estas destruírem as iscas. Para isso foi utilizado inseticida Fipronil aplicado nos olheiros, durante toda a fase experimental.

3.3. Capacidade de desenvolvimento de *Digitonthophagus gazella*

Para verificar se *D. gazella* é capaz de se desenvolver na área de fragmento florestal, indivíduos foram colocados em gaiolas com massa fecal bovina fresca como alimento. Como a competição por alimento é uma possível hipótese do não desenvolvimento dos indivíduos, estes foram colocados em gaiola na ausência e na presença de outras espécies de besouros coprófagos.

3.3.1. Descrição da gaiola

Para avaliar a capacidade de desenvolvimento, utilizou-se gaiolas que consistiram de uma estrutura de plástico em formato de tronco de trapézio, com 16 cm de altura e dimensão da base de 42 cm x 30 cm e o topo com 40 cm x 28 cm, o qual foi coberto com tela de mosquiteiro de malha 1 mm x 1 mm. As gaiolas foram fixadas ao chão por dois vergalhões para evitar a fuga dos besouros e para que não pudessem ser removidas por animais silvestres.

3.3.2. Fornecimento de massa fecal

Foram oferecidos 150 g de massa fecal bovina fresca como alimento para os besouros em ambos os anos. O peso de massa fecal adotado foi determinado em função do volume de excreta dos maiores vertebrados que ocorrem na área, que são o cachorro do mato (*Cerdocyon thous* L.) e o veado catingueiro (*Mazama gouazoubira* Fischer) (Rodrigo Ribeiro Mendonça, Centro de Conservação de Fauna Silvestre de Ilha Solteira, informação pessoal).

Em 2012 as massas fecais foram verificadas a cada dois dias. Quando elas estavam secas ou totalmente consumidas, era adicionada mais massa fecal. Em 2013, adicionou-se 180 g de massa fecal, quantidade mais elevada que no ano anterior, para garantir alimento suficiente aos besouros. Estas foram fornecidas três vezes por semana a cada 48 h.

3.3.3. Consumo de massa fecal

O consumo de massa fecal foi avaliado somente para 2013. No início de cada

semana as massas fecais que não tinham sido consumidas foram retiradas e levadas a estufa com circulação forçada de ar a 35°C até peso constante. Utilizou-se como peso da testemunha, o valor médio de peso seco de 10 massas fecais.

3.3.4. Determinação de indivíduos colocados sob competição

Para a escolha das espécies que fizeram parte do tratamento sob competição, foi levado em consideração um estudo realizado previamente no mesmo local deste experimento, onde determinou-se que as espécies mais abundantes foram *Eurysternus nigrovirens* Génier, *Canthon histrio* (LePeletier e Serville), *Ontherus appendiculatus* (Mannerheim), *Dichotomius nisus* (Olivier) e *Dichotomius bos* (Blanchard) (FLECHTMANN et al., 2009).

Para determinar a quantidade de cada espécie colocada nas gaiolas, massas fecais (n=24) com 150 g foram colocadas no fragmento no mês de fevereiro de 2012. Durante dez dias as massas fecais foram observadas no período matutino e vespertino, onde foi contada a quantidade de besouros nas massas fecais com grau de desestruturação/incorporação alto (n=8) (FLECHTMANN et al., 1995a) (Tabela 1).

Baseado nessas informações foi estabelecida a quantidade e quais espécies seriam adicionadas aos tratamentos com competição. Para 2012, (1) pasto: um casal de *D. gazella* (GAZE_p) (sem competição); (2) fragmento: um casal de *D. gazella* (GAZE_f) (sem competição); um casal de *D. gazella* + um casal de *D. nisus* (GAZN_f) (com competição). Para 2013, (1) pasto: um casal de *D. gazella* (sem competição); um casal de *D. gazella* + um casal de *D. bos* (GAZB_p) (com competição); (2) fragmento: um casal de *D. gazella* (sem competição); um casal de *D. gazella* + um casal de *D. bos* (GAZB_f) e um casal de *D. gazella* + um indivíduo de *E. nigrovirens*, *C. histrio* e *O. appendiculatus* (GAZO_f) (com competição). Em 2012 o experimento ocorreu de 06 de março a 6 de julho e em 2013 de 18 de fevereiro a 17 de julho.

Devido ao fato de em 2013 o experimento ter-se iniciado em fevereiro, foi necessário utilizar a espécie *D. bos* ao invés de *D. nisus*, visto que a primeira é que

se encontra ativa neste período do ano e apresenta mesmo hábito de nidificação e mesmo porte que a outra.

Os besouros utilizados nas gaiolas foram capturados com armadilhas *pitfall* colocadas no interior da fragmento, além de coleta manual e em armadilha luminosa. As coletas foram realizadas do dia 19 de janeiro até 15 de fevereiro de 2012 e de 4 de janeiro a 4 de março de 2013.

As espécies alvo coletadas foram mantidas em baldes com solo e alimento até serem transferidas para as gaiolas. Procurou-se selecionar adultos ativos e não danificados. Destes foi dada preferência àqueles com esporões tibiais da perna escavadora menos desgastados, por acreditar que estes eram os indivíduos mais jovens.

O experimento foi encerrado quando houve redução drástica da captura nas *pitfall* e com o declínio acentuado do consumo de massa fecal. A partir daí, foram realizadas as escavações, no qual foram anotados, para cada gaiola, o número de larvas, pupas, peras, ovos e adultos encontrados.

3.4. Temperatura do solo e luminosidade

As medições dessas variáveis foram feitas somente para o ano de 2013. Para medir a temperatura do solo, foi utilizado o aparelho Minitemptm MT2 Raytek (faixa de temperatura: -18°C a 260°C; precisão: -1°C a 260°C \pm 2% de leitura ou \pm 2°C, o que for maior) (Figura 4). Nas *pitfall*, a temperatura foi medida no solo circunzinho às armadilhas (distância de 5 cm) na face NW do transecto. Nas gaiolas foram realizadas duas medições, dentro e fora das mesmas (distância de 5 cm). No pasto, os dados mensurados foram na face NE da gaiola e no fragmento na orientação NW. A temperatura do solo foi medida três vezes por semana, no período vespertino, totalizando 62 amostragem.

Para mensurar a luminosidade utilizou-se um luxímetro Minilux (MX-Elektronic; sensibilidade: 1 mlx) (Figura 5), a uma altura constante de 1 m e 10 cm acima das armadilhas, com auxílio de um tripé. As medições foram realizadas duas

vezes por semana a partir do mês de maio, totalizando 18 repetições.

3.5. Delineamento experimental e análise estatística

No experimento de desenvolvimento de *D. gazella*, utilizou-se quatro repetições por tratamento em 2012 e no ano seguinte foram utilizadas cinco repetições para cada tratamento (Figuras 6 e 7). A distribuição desses tratamentos foram totalmente casualizados.

Os dados de captura de *D. gazella* em armadilhas *pitfall* bem como o número de larvas, peras, ovos, pupas e indivíduos adultos obtidos na escavação foram transformados em $\sqrt{(x + 0,5)}$ para remoção de heterocedasticidade (Phillips 1990). Esses dados, assim como os dados de consumo de massa fecal, temperatura do solo e luminosidade foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias pelo teste de Tukey (PROC GLM, SAS Institute, 1990).

4. RESULTADOS

4.1. Capacidade de invasão de *Digitonthophagus gazella*

Muito embora o foco tenha sido a captura de *D. gazella*, capturou-se várias espécies de outros indivíduos coprófagos, que foram identificados e quantificados (Tabelas 2 e 3).

Em 2012 capturou-se 2174 *D. gazella*, 2121 no pasto, 50 na borda e 3 no fragmento. Capturou-se significativamente mais indivíduos no pasto ($7,68 \pm 0,79$ indivíduos) que no fragmento ($0,01 \pm 0,01$ indivíduos) cuja captura não diferiu da borda ($1,09 \pm 0,56$ indivíduos) ($F_{2,633}=163,98$; $P<0,0001$). Em 2013, capturou-se um total de 2593 indivíduos, e todas as áreas foram significativamente diferentes entre si. No pasto capturou-se 2523 indivíduos ($5,32 \pm 0,66$ indivíduos), na borda 54 ($0,68 \pm 0,19$ indivíduos) e no fragmento 16 indivíduos ($0,03 \pm 0,01$) ($F_{2,1097}=151,24$; $P<0,0001$).

No fragmento, *D. gazella* foi capturado a uma distância máxima da borda de 10 m em 2012 e de 60 m em 2013. Em 2012, não houve diferença estatística na captura de *D. gazella* entre as armadilhas do fragmento posicionadas a diferentes distâncias da borda (Figuras 8 e 9). No entanto, em 2013, a armadilha distante a 10 m da borda capturou significativamente mais indivíduos que as demais armadilhas (Figura 9).

No pasto, as três armadilhas mais próximas ao fragmento capturaram significativamente menos indivíduos que as três armadilhas mais distantes destes, em ambos os anos (Figura 9).

4.2. Capacidade de desenvolvimento de *Digitonthophagus gazella*

Em 2012, a quantidade de peras nos tratamentos onde só havia *D. gazella* foi estatisticamente superior ao tratamento GAZN_f , muito embora tenha se encontrado cerca de duas vezes mais peras no tratamento GAZE_p do que em GAZE_f (Tabela 6). Em 2013 a quantidade de peras encontradas nos tratamentos no pasto foi significativamente maior que no fragmento, independente do fator presença de competidores (Tabela 7).

As médias de larvas e pupas de *D. gazella* presentes nos tratamentos no pasto foram estatisticamente superiores ao fragmento em ambos 2012 (Tabela 6) e 2013 (Tabela 7).

Em 2012 não foram encontrados ovos, enquanto que em 2013 estes só foram encontrados no tratamento GAZE_p que foi diferente estatisticamente dos demais (Tabela 5).

Tanto em 2012 (Tabela 6) como em 2013 (Tabela 7) os tratamentos do pasto geraram significativamente mais adultos que na mata. Houve efeito de competição em 2012, visto que o tratamento GAZN_f gerou a menor quantidade de adultos, muito embora isto não tenha sido observado em 2013 (Tabelas 4 e 5).

Em 2012 e em 2013, o número de jovens (soma de ovos, larvas e pupas) e o número de jovens mais adultos encontrados foi estatisticamente maior nos

tratamentos do pasto do que no fragmento (Tabelas 4 e 5).

4.3. Consumo de massa fecal

O consumo de massa fecal foi estatisticamente maior nos tratamentos no pasto quando comparados com os do fragmento, e não houve efeito de competição (Figura 10). Observa-se que, com certas variações, houve dois picos de consumo em todos os tratamentos (Figura 11).

4.4. Temperatura do solo e luminosidade

As temperaturas do solo no interior das gaiolas (TSI_g) ($F_{1/1466}=3628,98$; $P<0,0001$; dados não mostrados) e externa a estas (TSE_g) ($F_{1/1466}=3481,34$; $P<0,0001$; dados não mostrados) foram significativamente maiores no pasto que no fragmento. No pasto, a TSE_g ($34,7 \pm 0,3^\circ\text{C}$) foi significativamente maior que a TSI_g ($31,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$) ($F_{1/1172}=490,51$; $P<0,0001$). Entretanto, no fragmento, embora os valores médios de temperatura do solo tivessem sido muito próximos, estes foram significativamente mais altos no interior das gaiolas ($23,8 \pm 0,1^\circ\text{C}$) do que externo a elas ($23,3 \pm 0,1^\circ\text{C}$) ($F_{1/1762}=266,99$; $P<0,0001$).

No pasto, a TSI_g em $GAZB_p$ ($31,4 \pm 0,3^\circ\text{C}$) foi significativamente mais alta do que no tratamento $GAZE_p$ ($30,4 \pm 0,3^\circ\text{C}$) ($F_{1/553}=39,04$; $P<0,0001$). No fragmento, a TSI_g foi estatisticamente similar em $GAZB_f$ ($23,8 \pm 0,2^\circ\text{C}$) e $GAZE_f$ ($23,8 \pm 0,2^\circ\text{C}$) e estatisticamente maior do que em $GAZO_f$ ($23,7 \pm 0,2^\circ\text{C}$).

A temperatura do solo próximo as armadilhas *pitfall* foi significativamente mais elevada no pasto ($35,1 \pm 0,4^\circ\text{C}$) do que na borda ($26,3 \pm 0,4^\circ\text{C}$), que por sua vez foi significativamente mais alta que no fragmento ($23,7 \pm 0,1^\circ\text{C}$) ($F_{2,845}=1098,47$; $P<0,0001$).

No pasto, a temperatura do solo próxima à armadilha *pitfall* distante a 180 m da borda foi significativamente mais baixa que as demais, que por sua vez não diferiram entre si (Figura 12). No fragmento, as três armadilhas mais distantes da borda (120 a 180 m) tiveram valores de temperatura estatisticamente mais elevados

que as outras (Figura 12).

A luminosidade no pasto ($45182,96 \pm 1839,13$ lux) foi significativamente mais alta do que na borda ($3407,78 \pm 626,08$ lux), à qual não diferiu estatisticamente da luminosidade do fragmento ($1916,74 \pm 200,78$ lux), embora esta tivesse sido numericamente cerca de 50% menor.

No pasto, a luminosidade no local onde se encontravam às três armadilhas mais próximas da borda foi significativamente mais baixa que as demais (Figura 12). No fragmento, assim como ocorreu para a temperatura, a luminosidade próxima às três armadilhas mais distantes da borda foi significativamente mais alto do que as demais armadilhas (Figura 12).

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Digitonthophagus gazella foi majoritariamente capturado no pasto, em detrimento da mata (Figura 8), confirmando informações da literatura de que essa espécie coloniza áreas abertas, como savanas e pastagens (BORNEMISSZA, 1979; DOUBE, 1983; DAVIS, 1987; DOUBE et al., 1991; DOUBE; MACQUEEN, 1991). Esses dados sugerem que *D. gazella* tem habilidade de evitar áreas fechadas, como o fragmento de mata estudado.

Dentre as diferentes variáveis conhecidas que podem intervir na atividade de vôo de insetos, as mais pertinentes à presente pesquisa foram a luminosidade (BARBOSA; FRONGILLO JR., 1977; CAVENEY et al., 1995), a luz polarizada (DACKE et al., 2003; WARRANT; DACKE, 2010a; WARRANT; DACKE, 2010b; DACKE et al., 2013) e a umidade do ar (FADAMIRO; WYATT, 1995; HEATH et al., 2001; NANSEN et al., 2001; CONTRERA et al., 2004). Esses fatores podem estar

envolvidos na habilidade de *D. gazella* selecionar habitats.

D. gazella é uma espécie de hábito de vôo noturno (DOUBE, 1983; FINCHER et al., 1986; LOBO; MONTES DE OCA, 1994). Neste trabalho, a luminosidade foi medida durante o período vespertino, sendo mais baixa no fragmento do que no pasto (Figura 12). Esta também foi medida no período noturno, no qual foi verificado que à noite ela também foi mais baixa no fragmento do que no pasto (MESQUITA-FILHO, 2009). Desta forma, é possível que *D. gazella* detecte a diferença de luminosidade e evite áreas sombreadas, como já sugerido por Lobo; Montes de Oca (1994), que em área de pasto capturaram menos indivíduos da referida espécie em massas fecais colocadas embaixo de árvores e em sombras artificiais.

Diversos insetos utilizam a luz polarizada como um meio de orientação (SHASHAR et al., 1998; BLUM; LABHART, 2000; LABHART, 2000; LABHART et al., 2001; WARRANT, 2008; WARRANT; DACKER, 2010b), podendo também utilizá-la como um meio para navegação no vôo (WEHNER, 2001; CRONIN et al., 2006). Em áreas abertas essa luz está presente durante todo o dia, e ao anoitecer quando há lua no céu (BARTA; HORVÁTH, 2004; CRONIN et al., 2006). No entanto, conforme a lua muda de fase e diminui a luz refletida pelo sol, a intensidade da luz polarizada também diminui (DACKER et al., 2011). No entanto, em áreas de mata fechada a intensidade da luz polarizada é bastante reduzida (CRONIN et al., 2005; WARRANT; DACKER, 2010a). Em noites totalmente escuras não há luz polarizada, e sabe-se que alguns insetos perdem o sentido de orientação devido a esta ausência (DACKER et al., 2003; DACKER et al., 2011). Desta forma, é possível que *D. gazella* possa evitar áreas com luz polarizada diminuta, seja devido ao dossel ou a ausência da luz refletida pelo sol, pois estes fatores poderiam prejudicar seu sentido de orientação.

De forma geral, a umidade do ar em ambientes abertos como o pasto é mais baixa do que na mata (WILLIAMS-LINERA, 1990; HOLL, 1999; DAVIES-COLLEY et al., 2000; FISCH et al., 2004), sendo capaz de interferir na atividade de vôo de alguns insetos (FLEMING, 1969; JANZEN, 1983; HEATH et al., 2001). Assim, é possível que *D. gazella* possa detectar variações na umidade do ar, assim evitando locais mais

úmidos.

Do total de indivíduos capturados, somente 2% entraram no fragmento florestal (Figura 8). Destes que entraram no fragmento, a maioria penetrou a distâncias curtas da borda (10 m), sendo que poucos atingiram uma distância maior (60 m) (Figura 8). Este é o primeiro registro na literatura da presença de *D. gazella* invadindo área de fragmento florestal. Entretanto, em 2008 vários indivíduos desta espécie foram capturados no mesmo fragmento florestal e também em fragmento de cerradão em Selvíria/MS, ambos a uma distância de 50 m da borda (TABET; FLECHTMANN, dados não publicados).

No mês de maio de 2013, final da estação chuvosa, capturou-se 10 dos 16 indivíduos (62,5 %) de *D. gazella* no fragmento florestal. Este período coincidiu com o pico de captura no pasto. Desta forma, a captura de alguns indivíduos no fragmento pode estar relacionada com um vôo de dispersão, que é caracterizado por vôos de longas distâncias (SOUTHWOOD, 1962; DINGLE, 1996; DINGLE; DRAKE, 2007). Nessa situação é possível que *D. gazella*, ao se dispersar, tenha entrado erroneamente no fragmento.

Uma vez comprovado que *D. gazella* entra no fragmento florestal, foi avaliada a sua habilidade em se desenvolver neste ambiente. Com um casal de *D. gazella*, em condições confinadas no pasto, em 2013 foi obtida após cinco meses uma média de 100 a 200 descendentes, assumindo-se que as larvas maduras e pupas encontradas nas galerias desenvolveriam-se em adultos (Tabelas 4 e 5) e que este valor refere-se ao desenvolvimento de duas gerações (Tabela 11). Isto está de acordo com referência da literatura em condições controladas de laboratório, em que um casal *D. gazella* é capaz de produzir de 72 a 90 descendentes durante seu período de vida, que é de 60 dias (BLUME; AGA, 1975; MARTINS; CONTEL, 1997). Isto sugere que a metodologia utilizada neste trabalho foi adequada para o desenvolvimento de *D. gazella*.

O consumo de massa fecal foi maior no pasto do que no fragmento durante todo o período do experimento (Figura 11), porém observou-se dois picos bem

evidentes em todos os tratamentos. Estes picos de consumo de massa fecal podem estar relacionados ao surgimento de uma nova geração, visto que em condições ideais de laboratório o período de desenvolvimento de *D. gazella* é de aproximadamente 30 dias (BLUME; AGA, 1975; BORNEMISSZA, 1976; DÍAZ et al., 1995; FINCHER; HUNTER III, 1989). O baixo consumo de massa fecal por *D. gazella* no fragmento refletiu em sua dificuldade de desenvolvimento.

Foi observado nos dois anos do experimento que *D. gazella* não conseguiu se desenvolver na área de fragmento florestal. Isto pode ser expresso pela taxa de peras, larvas, pupas e adultos encontrados neste ambiente (Tabelas 4 e 5). Em 2012, aparentemente a competição exerceu efeito negativo no desenvolvimento de *D. gazella* (Tabela 6), o que não se repetiu em 2013 quando se utilizou de mais repetições e tratamentos (Tabela 7).

A dificuldade no desenvolvimento de *D. gazella* no fragmento poderia estar relacionada a fatores como umidade, temperatura, densidade de raízes e predação. O teor de umidade do solo pode impedir o desenvolvimento de larvas, podendo causar a morte das mesmas (FINCHER, 1973a; MARTÍNEZ; VÁSQUEZ, 1995; SOWING, 1995; EDWARDS, 1986). A umidade pode também interferir na preparação de bolas de nidificação, pois se estas ficarem muito secas ou muito úmidas podem se romper com facilidade e os indivíduos não continuam seu desenvolvimento e, inclusive, morrem (BARKHOUSE; RIDSDILL-SMITH, 1986; MARTÍNEZ; VÁSQUEZ, 1995). Embora a área de fragmento seja um ambiente mais úmido que o pasto e poderia estar envolvido na dificuldade de desenvolvimento de *D. gazella*, esta hipótese não tem muita sustentação, pois a espécie é capaz de se desenvolver em regiões amazônicas, onde o ambiente é mais úmido que o da área do fragmento (FLECHTMANN, informação pessoal).

A temperatura também poderia ser um fator determinante, visto que esta foi bem mais elevada no pasto do que no fragmento (Figura 12), podendo interferir no desenvolvimento das larvas e na própria adaptação dos indivíduos. Sabe-se que a temperatura influencia na taxa de desenvolvimento de muitos besouros coprófagos

(TYNDALE-BISCOE, 1988), podendo interferir inclusive na maturação sexual dos machos e do ovário das fêmeas (MARTÍNEZ; VÁSQUEZ, 1995). Para criação de *D. gazella* em laboratório é utilizada a temperatura de 29 °C ((BLUME; AGA, 1975; NASCIMENTO et al., 1990; MARTINS; CONTEL, 1997). Assim, provavelmente a temperatura ótima para o desenvolvimento de *D. gazella* seja por volta de 30 °C, sendo prejudicada ou inibida a temperaturas muito mais baixas, visto que a temperatura no fragmento foi em média 23 °C, enquanto que no pasto foi de 31 °C a 34 °C (Figura 12). No entanto, assim como relatado para umidade, é sabido que *D. gazella* é capaz de se desenvolver na região sul do Brasil, que é um ambiente mais frio (FLECHTMANN, informação pessoal). Desta forma, é pouco provável que a temperatura tenha tido influência nos resultados obtidos.

As raízes de certa forma podem interferir no desenvolvimento de *D. gazella* no momento em que estes cavam suas galerias. No cerrado a biomassa das raízes das árvores é muito maior do que no pasto, no qual ocorre predominância de gramíneas (ABDALA et al., 1998; SANTOS et al., 2007). Ainda no cerrado a maior concentração de raízes ocorre na camada superficial (0-15 cm), enquanto que em gramíneas esta ocorre de 0 - 40 cm, porém em densidade menor.

A predação poderia estar relacionada ao fato de terem sido encontrados cinco escorpiões em diferentes galerias dos besouros que estavam nos tratamentos no fragmento. No entanto, ele é um predador inespecífico e provavelmente tenha apenas procurado um abrigo (WARBURG, 2013), sendo portanto um evento ocasional.

Desta maneira, pode ser considerado que *D. gazella* evita entrar no ambiente florestal e, quando entra, de forma geral não consegue se desenvolver no mesmo. No entanto, mesmo diante disto, em 2013 houve um tratamento no fragmento florestal em que foram encontrados doze indivíduos adultos de *D. gazella* vivos e de nova geração. Isto sugere que, eventualmente alguns indivíduos podem se desenvolver na área de mata. Desta forma, considerando-se os biomas brasileiros, provavelmente o cerrado seja o mais suscetível a uma invasão e estabelecimento de

D. gazella. Isto decorre do fato de haver clareiras naturais neste bioma, o que tornaria porções deste mais similares a característica de ambiente aberto, como é a pastagem. Assim, estudos mais pontuais serão necessários para avaliar quais os fatores determinantes para o não desenvolvimento de *D. gazella* em área florestal.

Com este trabalho, conclui-se que *D. gazella* foi capaz de invadir o fragmento florestal, porém de forma geral ele não conseguiu se desenvolver. Os fatores que levaram ao não desenvolvimento da espécie não são claros. No entanto, em um tratamento na mata alguns indivíduos foram capazes de se desenvolver. Este fato gera uma preocupação, pois se eventualmente indivíduos da espécie conseguirem se desenvolver e se manter em área de mata, eles poderão prejudicar a fauna nativa, assim como foi observado após sua introdução em área de pasto em Selvíria/MS.

6. LITERATURA CITADA

ABDALA, G.C.; CALDAS, L.S.; HARIDASAN, M; EITEN, G. Above and belowground organic matter and rootshoot ratio in a cerrado in central Brazil. **Brazilian Journal of Ecology**, Rio Claro, v. 2, n. 1, p. 11-23, 1998.

AIDAR, T; KOLLER, W.W.; RODRIGUES, S.R.; CORRÊA, A.M.; DA SILVA, J.C.C.; BALTA, O.S.; DE OLIVEIRA, J.M.; DE OLIVEIRA, V.L. Besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) coletados em Aquidauana, MS, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 817-820, 2000.

ALARCÓN, D.L; HALFFTER, G. VAZ-DE-MELLO, F.Z. Nesting behavior in *Trichillum* Harold, 1868 and related genera (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Ateuchini: Scatimina): a primitive process or a loss of nidification? **The Coleopterists**

Bulletin, Washington, v. 63, n. 3, p. 289-297, 2009.

ÁLVAREZ BOHLE, M.C.; DAMBORSKY, M.P.; BAR, M.E.; OCAMPO, F.C. Registros y distribución de la especie afroasiática *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) em Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, Buenos Aires, v. 68, n. 3-4, p. 373-376, 2009.

ANDUAGA, S. Impact of the activity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) inhabiting pasture land in Durango, Mexico. **Environmental Entomology**, College Park, v. 33, n. 5, p. 1306-1312, 2004.

BALTHASAR, V. **Monographie der Scarabaeidae und Aphodiidae del palearktischen und orientalischen region Coprinae Onitini Oniticellini Onthophagini**. Tschechoslowakische Akademie der Wissenschaften, Prague, v. 2, p. 1-627. 1963.

BARBERO, E.; LÓPEZ-GUERRERO, Y. Some considerations on the dispersal power of *Digitonthophagus gazella* (Fabricius) in the New World (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae). **Tropical Zoology**, Firenze, v. 5, n. 1, p. 115-120, 1992.

BARBOSA, P.; FRONGILLO JR., E.A. Influence of light intensity and temperature on the locomotory and flight activity of *Brachymerua intermedia* (Hym: Chalcididae) a pupal parasitoid of the gypsy moth. **Entomophaga**, Paris, v. 22, n. 4, p. 405-411, 1977.

BARBIERI, E.; MENDONÇA, J.T.; PAES, E.T. Ocorrência de espécies exóticas na comunidade do Jairé no Rio Ribeira de Iguape. **Estudos de Biologia**, Curitiba, n. 29, p. 269-276, 2007.

BARKHOUSE, J.; RIDSDILL-SMITH, T.J. Effect of soil moisture on brood ball production by *Onthophagus binodis* Thunberg and *Euoniticellus intermedius* (Reiche) (Coleoptera: Scarabaeinae). **Journal of the Australian Entomological Society**, Brisbane, v. 25, n. 1, p. 75-78, 1986.

BARTA, A.; HORVÁTH, G. Why is it advantageous for animals to detect celestial polarization in the ultraviolet? Skylight polarization under clouds and canopies is strongest in the UV. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 226, p. 429–437, 2004.

BIANCHIN, I.; ALVEZ, R.G.O.; KOLLER, W.W. Efeito de carrapaticidas/inseticidas “pour-on” sobre adultos do besouro coprófago africano *Onthophagus gazella* Fabr. (Coleoptera: Scarabaeidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 275-279, 1998.

BLUM, M.; LABHART, T. Photoreceptor visual fields, ommatidial array, and receptor axon projections in the polarisation-sensitive dorsal rim area of the cricket compound eye. **Journal of Comparative Physiology A**, New York, v. 186, n. 2, p. 119-128, 2000.

BLUME, R.R.; AGA, A. *Onthophagus gazella*: mass rearing and laboratory biology. **Environmental Entomology**, College Park, v. 4, n. 5, p. 735-736, 1975.

BLUME, R.R.; AGA, A. *Onthophagus gazella* F.: progress of experimental release in South Texas. **Folia Entomológica Mexicana**, México, n. 39/40, p. 190-191, 1978.

BLUME, R.R.; AGA, A.; OEHLER, D.D.; YOUNGER, R.L. *Onthophagus gazella*: a non-target arthropod for the evaluation of bovine feces containing methoprene.

Environmental Entomology, College Park, v. 3, n. 6, p. 947-949, 1974.

BLUME, R.R.; MATTER, J.J.; ESCHLE, J.L. *Onthophagus gazella*: effect on survival of horn flies in the laboratory. **Environmental Entomology**, College Park, v. 2, n. 5, p. 811-814, 1973.

BORNEMISSZA, G.F. Could dung eating insects improve our pastures? **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, North Ryde, v. 26, n. 1, p. 54-56, 1960.

BORNEMISSZA, G.F. Insectary studies on the control of dung breeding flies by the activity of the dung beetle, *Onthophagus gazella* F. (Coleoptera: Scarabaeinae). **Journal of the Australian Entomological Society**, Brisbane, v. 9, n. 1, p. 31-41, 1970.

BORNEMISSZA, G.F. The Australian dung beetle project 1965-1975. **Australian Meat Research Committees**, Sydney, n. 30, p. 1-30, 1976.

BORNEMISSZA, G.F., WILLIAMS, C.H. An effect of dung beetle activity on plant yield. **Pedobiologia**, Jena, v. 10, n. 1, p. 1-7, 1970.

BORNEMISSZA, G.E. The Australian dung beetle research unit in Pretoria. **South African Journal of Science**, Johannesburg, v. 75, n. 6, p. 257-260, 1979.

BRITO, L.G., SILVA NETTO, F.G. da; ROCHA, R.B. **Controle integrado da mosca-do-chifre para a microrregião de Ji-Paraná, Rondônia**. Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 327. 4 p, 2007.

CAVENEY, S.; SCHOLTZ, C.; MCINTYRE, P. Patterns of daily flight activity in onitine dung beetles (Scarabaeinae: Onitini). **Oecologia**, Berlin, v. 103, n. 4, p. 444-452, 1995.

CONTRERA, F.A.L.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; NIEH, J.C. Temporal and climatological influences on flight activity in the stingless bee *Trigona hyalinata* (Apidar, Meliponini). **Revista Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v. 10, n. 2, p. 35-43, 2004.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (CONSEMA). Ata da 289ª Reunião Ordinária do Plenário. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/consema/files/2012/02/Ata_da_289%C2%AA_Reuni%C3%A3o_Plenaria.pdf Acesso em: 15 de janeiro de 2014.

CRONIN, T. W.; WARRANT, E.; GREINER, B. Polarization patterns of the twilight sky. **Proceedings of SPIE: International Society for Optical Engineering**, Bellingham, v. 5888, 2005. Disponível em: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=1328951>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2014. doi:10.1117/12.613053.

CRONIN, T.W.; WARRANT, E.J.; GREIN, B. Celestial polarization patterns during twilight. **Applied Optics**, New York, v. 45, n. 22, p. 5582-5589; 2006.

DACKE, M.; NORDSTROM, P.; SCHOLTZ, C.H. Twilight orientation to polarised light in the crepuscular dung beetle. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 206, p. 1535-1543, 2003.

DACKE, M.; BYRNE, M.J.; BAIRD, E.; SCHOLTZ, C.H.; WARRANT, E.J. How dim

is dim? Precision of the celestial compass in moonlight and sunlight. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, London, v. 366, n. 1565; p. 697-702, 2011.

DACKE, M.; BAIRD, E.; BYRNE, M.; SCHOLTZ, C.H.; WARRANT, E.J. Dung beetles use the milky way for orientation. **Current Biology**, London, v. 23, n. 4, p. 298-300, 2013.

DAVIS, A.L.V. Geographical distribution of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) and their seasonal activity in south-western Cape Province. **Journal of the Entomological Society of Southern Africa**, Pretoria, v. 50, n. 2, p. 275-285, 1987.

DAVIES-COLLEY, R.J.; PAYNE, G.W.; VAN ELSWIJK, M. Microclimate gradients across a forest edge. **New Zealand Journal of Ecology**, Christchurch, v. 24, n. 2, p. 111-121, 2000.

DELOYA G. Primer registro de *Digitonthophagus gazella* en Morelos, Mexico. **Universidad Ciencia y Tecnología**, México, v. 3, n. 2, p. 51-52, 1994.

DÍAZ, V.R.; LAJARTHE, A.M.; BENITEZ, M.C.; YAMADA KAWATA, N.C.; NARA TANAKA, F. 1995. **Multiplicación y distribución de *Onthophagus gazella* y levantamiento de especies de coleópteros coprófagos nativos del Paraguay**. División Entomología, Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Sede Pedro Juan Caballero. Pp. iii + 1-23. En Biblioteca Central, Fac.Cienc. Agr., San Lorenzo, 1995.

DINGLE, H. 1996. **Migration: The Biology of Life on the Move**. New York: Oxford University Press, 480p.

DINGLE, H.; DRAKE, V.A. What is migration? **BioScience**, Washington, v. 57, n. 2, p. 113-121, 2007.

DOUBE, B.M. A functional classification for analysis of the structure of dung beetles assemblages. **Ecological Entomology**, London, v. 15, p. 371-83, 1990.

DOUBE, B.M. The habitat preference of some bovine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in Hluhluwe Game Reserve, South Africa. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 73, n. 3, p. 357-371, 1983.

DOUBE, B.M.; MACQUEEN, A. Establishment of exotic dung beetles in Queensland: the role of habitat specificity. **Entomophaga**, Paris, v. 36, n. 3, p. 353-360, 1991.

DOUBE, B.M., MACQUEEN, A., FAY, H.A.C. Effects of dung fauna on survival and size of buffalo flies (*Haematobia* spp.) breeding in the field in South Africa and Australia. **The Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 523-526, 1988.

DOUBE, B.M.; MACQUEEN, A.; RIDSDILL-SMITH, T.J. **Native and introduced dung beetles in Australia**. In: Hanski, I.; Cambefort [eds.], Y. Dung beetle ecology. Princeton University Press, Princeton, p. 255- 278. 1991.

DOUBE, B.M., MOOLA, F. The effect of the activity of the African dung beetle *Catharsius tricornutus* De Geer (Coleoptera: Scarabaeidae) on the survival and size of the African buffalo fly, *Haematobia thirouxi* (Bezzi) (Diptera: Muscidae), in bovine dung in laboratory. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 78, n. 1, p. 63-73, 1988.

DOWNIE, N.M. *Onthophagus gazella* Fabricius, new to Florida (Coleoptera:

Scarabaeidae). **The Coleopterists' Bulletin**, Washington, v. 38, n. 4, p. 304, 1984.

DURÃES, R.; MARTINS, W.P.; VAZ-DE-MELLO, F.Z. Dung beetle (Coleoptera:Scarabaeidae) assemblages across a natural forest-cerrado ecotone in Minas Gerais, Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 721-731, 2005.

EDWARDS, P. B. Phenology and field biology of the dung beetle *Onitis caffer* Boheman (Coleoptera: Scarabaeidae) in southern Africa. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 76, n. 3, p. 433-446, 1986.

FADAMIRO, H.Y.; WYATT, T.D. Flight initiation by *Prostephanus truncatus* in relation to time of day, temperature, relative humidity and starvation. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 75, p. 273-277, 1995.

FAVILA, M.E.; HALFFTER, G. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. **Acta Zoologica Mexicana**, México, v. 72, p. 1-25, 1997.

FINCHER, G.T. Dung beetles as biological control agents for gastrointestinal parasites of livestock. **The Journal of Parasitology**, Lawrence, v. 59, n. 2, p. 396-399, 1973a.

FINCHER, G. T. Nidification and reproduction of *Phanaeus* spp. in three textural classes of soil (Coleoptera: Scarabaeidae). **The Coleopterists' Bulletin**, Washington, v. 27, n. 1, p. 33-37, 1973b.

FINCHER, G.T.; BLUME, R.R.; HUNTER III, J.S.; BEERWINKLE; K.R. 1986.

Seasonal distribution and diel flight activity of dung-feeding scarabs in open and wooded pasture in east-central Texas. **The Southwestern Entomologist**, Dallas, v. 10, p. 1-33, 1986.

FINCHER, G.T.; HUNTER III, J.S. Overwintering studies on *Onthophagus gazella* (F.) and *Onthophagus bonasus* (F.) in two different textural classes of soil in East-central Texas. **The Southwestern Entomologist**, Weslaco, v. 14, n. 2, p. 133-138, 1989.

FINCHER, G.T.; STEWART, T.B.; DAVIS, R. Attraction of coprophagous beetles to feces of various animals. **The Journal of Parasitology**, Lawrence, v. 56, n. 2, p. 378-383, 1970.

FINCHER, G.T.; STEWART, T.B.; HUNTER III, J.S. The 1981 distribution of *Onthophagus gazella* Fabricius from releases in Texas and *Onthophagus taurus* Schreber from an unknown release in Florida (Coleoptera: Scarabaeidae). **The Coleopterists' Bulletin**, Washington, v. 37, n. 2, p. 159-163, 1983.

FISCH, G.; TOTA, J.; MACHADO, L.A.T.; SILVA DIAS, M.A.F.; LYRA, R.F.F.; NOBRE, C.A.; DOMAN, A.J.; GASH, J.H.C. The convective boundary layer over pasture and forest in Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**, Vienna, v. 78, n. 1-3, p. 47-59, 2004.

FLECHTMANN, C.A.H. **Impacto da introdução de *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae), inimigo natural da mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans*), na fauna fimícola brasileira.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20, 2004, Gramado. Resumos ... Gramado : SEB. p. 109. 2004.

FLECHTMANN, C.A.H.; RODRIGUES, S.R.; COUTO, H.T.Z. Controle biológico da

mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans irritans*) em Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2 Ação de insetos fimícolas em massas fecais no campo. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 237-247, 1995a.

FLECHTMANN, C.A.H.; RODRIGUES, S.R.; COUTO, H.T.Z. Controle biológico da mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans irritans*) em Selvíria, Mato Grosso do Sul. 4 Comparação entre métodos de coleta de besouros coprófagos (Scarabaeidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 259-276, 1995b.

FLECHTMANN, C.A.H.; RODRIGUES, S.R.; SENO, M.C.Z. Controle biológico da mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans irritans*) em Selvíria, Mato Grosso do Sul. 1 Metodologia de estudo e seleção de fauna fimícola de insetos. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 1-11, 1995c.

FLECHTMANN, C.A.H.; TABET, V.G.; QUINTERO, I. Influence of carrion smell and rebaiting time on the efficiency of pitfall traps to dung beetle sampling. **Entomologia Experimental et Applicata**, Amsterdam, v. 132, n. 3, p.211-217, 2009.

FLEMING, W.E. Attractants for the Japanese beetle. **Technical Bulletin**, Washington, n.1399, 87p.; 1969.

FONSECA, V.M.O.; KERR, W.E. Avaliação de índices reprodutivos em besouro africano (*Digitonthophagus gazella* Fabricius) (Coleoptera: Scarabaeidae). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 61-68, 2005.

GALBIATI, C.; BENSI, C.; CONCEIÇÃO, C.H.C; FLORCOVSKI, J.L.; CALAFIORI, M.H. Estudo comparativo entre besouros do esterco, *Dichotomius anaglypticus* (Mann., 1829) e *Onthophagus gazella* (F.), sobre as pastagens, em condições

brasileiras. **Ecosystema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 20, p. 109-118, 1995.

GILL, B.D. **Scarabaeinae Latreille 1802**. In: American beetles, Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. (R. H. Arnett, Jr., M. C. Thomas, P. E. Skelley, and J. H. Frank, editors). CRC Press, Boca Raton, p. 48-51. 2002.

GILLARD, P. 1967. Coprophagous beetles in pasture ecosystems. **The Journal of Australian Institute of Agricultural Science**, Crows Nest, v. 33, p. 30-34, 1967.

GRIMALDI, D.; ENGEL, M.S. 2005. **Evolution of the Insects**. Cambridge University Press: 772p.

HALFFTER, G.; EDMONDS, D. **The Nesting Behavior of Dung Beetle (Scarabaeinae)**. An Ecological and Evolutive Approach. México, DF: Man and Biosphere Program UNESCO, 177p., 1982.

HALFFTER, G.; FAVILA, M.E. The Scarabaeinae (Insecta; Coleoptera) an animal group for analysis, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. **Biology International**, Paris, v. 27, p. 15-21, 1993.

HALFFTER, G.; MATTHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of the Subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Folia Entomologica Mexicana**, México, v. 12, n. 14, p. 1-312, 1966.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. **Dung Beetles Ecology**. Princeton: Princeton University Press, 481p, 1991.

HEATH, J.; WILLIAMS, R. N.; PHELAN, E. P. L. High light intensity: A critical factor

in the wind-tunnel flight of two scarabs, the rose chafer and Japanese beetle. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 27, n. 3, p. 419-429, 2001.

HERNÁNDEZ, M.I.M. Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da Caatinga paraibana, Brasil. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p. 356-364, 2007.

HOLL, K.D. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate and soil. **Biotropica**, Washington, v. 31, n. 2, p. 229-242, 1999.

HONER, M.R.; BIANCHIN, I.; GOMES, A. **Desenvolvimento de um programa integrado de controle dos nematódeos e a mosca dos chifres na região dos cerrados**: fase 1. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 4 p. (Pesquisa em Andamento, 36), 1987.

HONER, M.R.; BIANCHIN, I.; GOMES, A. **Desenvolvimento de um programa integrado de controle dos nematódeos e a mosca dos chifres na região dos cerrados**. Fase 2: Observações sobre a dinâmica populacional dos besouros coprófagos autóctones. CNPGC/EMBRAPA, Campo Grande, 5 pp. (Pesquisa em andamento, 40), 1988.

HOWDEN, H. F.; NEALIS, V. G. Effects of clearing in a tropical rain forest on the composition of the coprophagous scarab beetle fauna (Coleoptera). **Biotropica**, Washington, v. 7, n. 2, p. 77-83, 1975.

JANZEN, D.H. Seasonal change in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rican deciduous forest and adjacent horse pasture. **Oikos**,

Copenhagen, v. 41, n. 2, p. 274-283, 1983.

KENIS, M.; AUGER-ROZENBERG, M.A.; ROQUES, A.; TIMMS, L.; PÉRE, C.; COCK, M.J.W.; SETTELE, J.; AUGUSTIN, S.; LOPEZ-VAAMONDE, C. Ecological effects of invasive alien insects. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 11, n. 1, p. 21-45, 2009.

KLEIN, B.C. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. **Ecology**, Durham, v. 70, n. 6, p. 1715–1725, 1989.

KOHLMANN, B. A preliminary study of the invasion and dispersal of *Digitonthophagus gazella* in Mexico. **Acta Zoológica Mexicana**, México, v. 61, p. 35-42, 1994.

KOLLER, W.W.; GOMES, A.; RODRIGUES, S.R.; ALVES, R.G.O. Besouros coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) coletados em Campo Grande, MS, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 403-412, 1999.

LABHART, T. Polarization-sensitive interneurons in the optic lobe of the desert ant *Cataglyphis bicolor*. **Naturwissenschaften**, Berlin, v. 87, n. 3, p. 133-136, 2000.

LABHART, T.; PETZOLD, J.; HELBLING, H. Spatial integration in polarization-sensitive interneurons of crickets: a survey of evidence, mechanisms and benefits. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 204, n. 14, p. 2423-2430, 2001.

LOBO, J.M.; MARTIN-PIERA, F.; VEIGA, V.M. Las trampas pitfall con cebo, sus posibilidades en el estudio de las comunidades coprófagas de Scarabaeoidea (Col.).

I. Características determinantes de su capacidad de captura. **Revue D'écologie Et de Biologie Du Sol**, Montrouge, v. 25, n. 1, p. 77-100, 1988.

LOBO, J.M.; MONTES DE OCA, E. Distribución local y coexistencia de *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) y *Onthophagus batesi* Howden; Cartwright, 1963 (Coleoptera: Scarabaeidae). **Elytron**, Barcelona, v. 8, p. 117-127, 1994.

MACK, R.N.; SIMBERLOFF, C.D.; LONSDALE, W.M.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. **Ecological Applications**, Tempe, v. 10, n. 5, p. 689–71, 2000.

MARCHIORI, C.H.; CALDAS, E.R.; ALMEIDA, K.G.S. Succession of Scarabaeidae on bovine dung in Itumbiara, Goiás, Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 173-176, 2003.

MARTINS, E.; CONTEL, E.P.B. Dados biológicos da criação do besouro africano *Onthophagus gazella* Fabricius (Scarabaeidae) em terrários na Fazenda Experimental Getúlio Vargas de Uberaba (MG). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 3, p. 403-409, 1997.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Espécies exóticas invasoras: situação brasileira** / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília, 24p, 2006.

MIRANDA, C.H.B.; NASCIMENTO, Y.A.; BIANCHIN, I. **Desenvolvimento de um programa integrado de controle de nematódeos e a mosca-dos-chifres na região dos cerrados. Fase 3. Potencial de *Onthophagus gazella* no enterrio de**

fezes bovinas. Campo Grande, EMBRAPA-CNPGC 1-5 p. (Pesquisa em Andamento, 40), 1990.

MARTÍNEZ, I.M.; VÁZQUEZ, A.A. Influencia de algunos factores ambientales sobre la reproducción en *Canthon cyanellus cyanellus* Leconte (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Elytron**, Barcelona, v. 9, p. 5-13, 1995.

MATAVELLI, R.A.; LOUZADA, J.N.C. Invasão de áreas de savana intra-amazônicas por *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 1, p. 153-158, 2008.

MESQUITA FILHO, W. 2009. **Determinação de horário de vôo e fatores que o influenciam, em Scarabaeidae coprófagos diurnos e noturnos em Selvíria/MS**, 146 pp. M.Sc. thesis. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Ilha Solteira. Ilha Solteira.

MONTES DE OCA, E.; HALFFTER, G. Invasion of Mexico by two dung beetles previously introduced into the United States. **Studies on Neotropical Fauna and Environmental**, Lisse, v. 33, n. 1, p. 37-45, 1998.

MOON, R.D.; LOOMIS, E.C.; ANDERSON, J.R. Influence of two species of dung beetles on larvae of face fly. **Environmental Entomology**, College Park, v. 9, n. 5, p. 607-612, 1980.

NANSEN, C. et al. Sensitivity of *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) flight activity to environmental variables in Benin, West Africa. **Environmental Entomology**, College Park, v. 30, n. 6, p. 1135-1143, 2001.

NASCIMENTO, Y.A.; BIANCHIN, I. HONER, M.R. **Instruções para a criação do besouro africano *Onthophagus gazella* em laboratório**. Campo Grande, EMBRAPA-CNPGC, Comunicado Técnico 33, 5 p., 1990.

NICHOLS, E.S.; GARDNER, T.A., 2011. **Dung Beetles as a Candidate Study Taxon in Applied Biodiversity Conservation Research**, pp. 267-291. *In*: L.W. Simmons; J. Ridsdill-Smith [eds.], Ecology and Evolution of Dung Beetles. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.

NORIEGA, J.A. First report of the presence of the genus *Digitonthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae) in Colombia. **Caldasia**, Bogotá, v. 24, n. 1, p. 213-215, 2002.

NORIEGA, J.A.; MORENO, J.; OTAVO, S. Quince años del arribo del escarabajo coprófago *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Scarabaeidae) a Colombia: proceso de invasión y posibles efectos de su establecimiento. **Biota Colombiana**, Bogotá, v. 12, n. 2, p. 35-44, 2011.

PIMENTEL, D.; LACH, L.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D.; Environmental and economic costs associated with non-indigenous species in the United States. **BioScience**, Washington, v. 50, n. 1, p. 53-65, 2000.

PIMENTEL, D.; MCNAIR, S.; JANECKA, J.; WIGHTMAN, J.; SIMMONDS, C.; CONNELL, C.O.; RUSSEL, W.L.; AQUINO, Z.T.; TSOMONDO, T. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 85, p. 1-20, 2001.

RICHARDSON, D.M.; PYSEK, P.; REJMANEK, M.; BARBOUR, M.G.; PANETTA,

F.D.; WEST, C.J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 6, p. 93-107, 2000.

RILEY, S. "Invasive alien species and the protection of biodiversity: the role of quarantine laws in resolving inadequacy in the international legal regime". **Journal of Environmental Law**, Oxford, v. 17, n. 3, p. 323–359, 2005.

RIVERA-CERVANTES, L.E.; GARCIA-REAL, E. New locality records for *Onthophagus gazella* Fabricius (Coleoptera: Scarabaeidae) in Jalisco, México. **The Coleopterists' Bulletin**, Washington, v. 45, n. 4, p. 370, 1991.

SANTOS, R.S.M.; OLIVEIRA, I.P.; MORAIS, R.F.; URQUIAGA, S.C.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. Componentes da parte aérea e raízes de pastagens de *Brachiaria* spp. em diferentes idades após a reforma, como indicadores de produtividade em ambiente de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 119-124, 2007.

SAS INSTITUTE 1990. **SAS/STAT user's guide**, v. 1. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

SASHAR, N.; CRONIN, T.W.; WOLFF, L.B.; CONDON, M.A. The polarization of light in a tropical rain forest. **Biotropica**, Washington, v. 30, n. 2, p. 275-285, 1998.

SOUTHWOOD, T.R.E. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 37, n.2, p. 171-211, 1962

SOWING, P. Habitat selection and offspring survival rate in three paracoprid dung beetles: the influence of soil type and soil moisture. **Ecography**, Copenhagen, v. 18, n. 2, p. 147-154, 1995.

TYNDALE-BISCOE, M. The phenology of *Onitis alexis* (Coleoptera: Scarabaeidae) in the Araluen Valley: survival in a marginal environment. **Australian Journal of Ecology**, Carlton, v. 13, n. 4, p. 431-443, 1988.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. **Estudo atual de conhecimento dos Scarabaeidae s. str. (Coleoptera: Scarabeoidea) do Brasil.** In: MARTIN-PIERA, F.; MORRONE, J. J.; MELIC, A. (Ed.). Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PRIBES. Zaragoza: Sociedade de Entomologia Aragonesa, v. 1, p. 183-195, 2000.

ZILLER, S.R. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Revista Ciência Hoje**, São Paulo, v. 30, n. 178, p. 77-79, 2001.

ZUNINO, M. Insects of Saudi Arabia Coleoptera: Fam. Scarabaeidae, Tribe Onthophagini. **Fauna of Saudi Arabia**, Ciba-Geigy, v. 3, p. 407-416, 1981.

WARBURG, M.R. Scaling distribution in scorpions. **Arthropods**, Hong Kong, v. 2, n. 1, p. 7-9, 2013.

WARRANT, E.J. Seeing in the dark: vision and visual behaviour in nocturnal bees and wasps. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 211, n. 11, p. 1737-1746, 2008.

WARRANT, E.J.; DACKER, M. Visual orientation and navigation in nocturnal arthropods. **Brain, Behaviour and Evolution**, Basel, v. 75, p. 156-173, 2010a.

WARRANT, E.J.; DACKER, M. Vision and visual navigation in nocturnal insects. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 56, p. 239-254, 2010b.

WEHNER, R. Polarization vision - a uniform sensory capacity? **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 3-4, n. 14, p. 2589-2596, 2001.

WILLIAMS-LINERA, G. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 78, n. 2, p. 356-373, 1990.

APÊNDICE A - TABELAS

Tabela 1: Determinação da quantidade de espécies adicionadas em cada tratamento sob competição na fase experimental de desenvolvimento de *Digitonthophagus gazella* em área de pasto (*Urochloa decumbes*) e área de fragmento de transição cerrado-mata atlântica, Fazenda da UNESP, Selvíria/MS.

massa fecal	rola-bostas
1	1 <i>Dichotomius nesus</i>
2	1 <i>Dichotomius nesus</i>
3	2 <i>O. appendiculatus</i> , 2 <i>C. histrio</i>
4	1 <i>O. appendiculatus</i> , 1 <i>E. nigrovirens</i>
5	1 <i>Dichotomius nesus</i>
6	1 <i>Dichotomius nesus</i>
7	1 <i>Dichotomius nesus</i>
8	1 <i>C. histrio</i> , 1 <i>E. nigrovirens</i> , 1 <i>O. appendiculatus</i>

Tabela 2: Total de Scarabaeidae coprófagos capturados em armadilhas pitfall, em área de pastagem, borda e transição cerrado-mata atlântica. Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, de fevereiro a março e outubro a dezembro de 2012.

Scarabaeidae	local		
	pasto	borda	mata
<i>Agamopus unguicularis</i> (Harold)	2	-	5
<i>Ataenius aequalis</i> Harold	1523	53	18
<i>Ataenius complicatus</i> Harold	4	-	-
<i>Ataenius crenulatus</i> Schmidt	83	7	38
<i>Ataenius platensis</i> (Blanchard)	13	1	4
<i>Ataenius sculptilis</i> Harold	1	5	1
<i>Ateuchus apicatus</i> (Harold)	-	-	5
<i>Ateuchus prox. puncticollis</i> (Harold)	-	-	1
<i>Ateuchus striatulus</i> (Borre)	-	-	9
<i>Canthidium barbaticum</i> Borre	-	-	2
<i>Canthidium prox. breve</i> (Germar)	2	-	2
<i>Canthon chalybaeus</i> (Blanchard)	1	3	9
<i>Canthon histrio</i> (LePeletier e Serville)	9	12	144
<i>Canthon lituratus</i> (Germar)	1	-	2
<i>Canthon prox. maldonado</i>	-	1	-
<i>Canthidium prox. pinotoides</i> (Balthasar)	14	-	2
<i>Canthidium</i> sp. 1	18	3	4
<i>Canthidium</i> sp. 2	-	-	1
<i>Coprophanæus cyanescens</i> (Olsoufieff)	1	-	2
<i>Deltochilum enceladus</i> Kolbe	-	-	6
<i>Deltochilum</i> sp. 1	4	3	70

Scarabaeidae	local		
	pasto	borda	mata
<i>Diabroctis mimas</i> (Linnaeus)	1	-	-
<i>Dichotomius bos</i> (Blanchard)	565	28	205
<i>Dichotomius carbonarius</i> (Mannerheim)	10	4	280
<i>Dichotomius prox. depressicollis</i> (Harold)	-	-	4
<i>Dichotomius glaucus</i> (Harold)	467	18	105
<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier)	638	62	271
<i>Dichotomius semianaesus</i> (Germar)	5	-	2
<i>Dichotomius triangulariceps</i> (Blanchard)	2	-	1
<i>Digitonthophagus gazella</i> (Fabricius)	2121	50	3
<i>Eurysternus nigrovirens</i> (Génier)	2	2	297
<i>Eurysternus prox. caribaeus</i> (Herbst)	-	-	36
<i>Genieridium bidens</i> (Balthasar)	7862	322	901
<i>Labarrus pseudolividus</i> Balthasar	219	6	24
<i>Lomanoxoides setosus</i> (Balthasar)	1	-	1
<i>Ontherus appendiculatus</i> (Mannerheim)	471	19	314
<i>Ontherus sulcator</i> (Fabricius)	1	1	9
<i>Onthophagus prox. hirculus</i> Mannerheim	91	9	69
<i>Phanaeus palaeno</i> (Blanchard)	3	-	-
<i>Trichillum externepunctatum</i> (Borre)	2349	72	365
<i>Uroxys epipleuralis</i> (Boucomont)	4	72	115
Total	16486	678	3325

Tabela 3: Total de Scarabaeidae coprófagos capturados em armadilhas pitfall, em área de pastagem, borda e transição cerrado-mata atlântica. Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, de janeiro a julho de 2013.

Scarabaeidae	local		
	pasto	borda	mata
<i>Agamopus unguicularis</i> (Harold)	6	5	69
<i>Agamopus viridis</i> (Boucomont)	31	-	13
<i>Ataenius aequalis</i> Harold	1276	29	10
<i>Ataenius complicatus</i> (Harold)	2	-	-
<i>Ataenius crenulatus</i> Schmidt	1880	68	71
<i>Ataenius platensis</i> (Blanchard)	940	45	9
<i>Ataenius sculptilis</i> Harold	1	5	1
<i>Ataenius scutellaris</i> Harold	1	2	5
<i>Ateuchus prox. puncticollis</i> (Harold)	1	-	40
<i>Ateuchus striatulus</i> (Borre)	3	-	3
<i>Ataenius</i> sp. 1	1	-	-
<i>Ataenius</i> sp. 2	-	-	2
<i>Ataenius</i> sp. 3	1	-	-
<i>Ataenius</i> sp. 4	-	-	1
<i>Ataenius</i> sp. 5	-	-	1
<i>Ateuchus</i> sp. 2	-	-	1
<i>Ateuchus</i> sp. 3	-	-	1
<i>Ateuchus</i> sp. 5	-	-	1
<i>Ateuchus</i> sp. 6	2	-	1
<i>Ateuchus</i> sp. 7	-	-	1

Scarabaeidae	local		
	pasto	borda	mata
<i>Canthidium barbaticum</i> Borre	10	-	3
<i>Canthidium</i> prox. <i>breve</i> (Germar)	309	32	24
<i>Canthon chalybaeus</i> (Blanchard)	33	25	30
<i>Canthon</i> prox. <i>chiriguano</i> (Martinez e Halffter)	2	1	-
<i>Canthon histrio</i> (LePeletier e Serville)	27	39	324
<i>Canthon lituratus</i> (Germar)	17	-	-
<i>Canthon</i> prox. <i>maldonado</i>	5	-	1
<i>Canthidium</i> prox. <i>pinotoides</i> (Balthasar)	145	2	4
<i>Canthidium</i> sp. 1	-	-	7
<i>Canthidium</i> sp. 2	1	-	3
<i>Canthidium</i> sp. 3	1	-	1
<i>Canthidium</i> sp. 4	-	1	6
<i>Canthidium</i> sp. 5	1	-	-
<i>Canthidium</i> sp. 6	1	-	-
<i>Canthidium</i> sp. 10	-	-	1
<i>Coprophanaeus cyanescens</i> (Olsoufieff)	3	1	11
<i>Coprophanaeus spitzzi</i> (Pessoa)	6	-	-
<i>Deltochilum enceladus</i> Kolbe	-	-	5
<i>Deltochilum</i> sp. 1	4	5	198
<i>Diabroctis mimas</i> (Linnaeus)	47	4	2
<i>Dichotomius</i> prox. <i>bicuspis</i> (Germar)	-	-	2
<i>Dichotomius bos</i> (Blanchard)	1580	116	640
<i>Dichotomius carbonarius</i> (Mannerheim)	2	4	60
<i>Dichotomius</i> prox. <i>depressicollis</i> (Harold)	-	1	48

Scarabaeidae	local		
	pasto	borda	mata
<i>Dichotomius glaucus</i> (Harold)	472	9	13
<i>Dichotomius nisus</i> (Olivier)	1181	107	270
<i>Dichotomius semianaesus</i> (Germar)	5	-	-
<i>Digitonthophagus gazella</i> (Fabricius)	2523	54	16
<i>Eurysternus nigrovirens</i> (Génier)	64	93	2463
<i>Eurysternus prox. caribaeus</i> (Herbst)	-	-	211
<i>Eurysternus</i> sp. 1	-	-	1
<i>Eurysternus</i> sp. 2	-	1	-
<i>Genieridium bidens</i> (Balthasar)	10987	72	84
<i>Labarrus pseudolivinus</i> Balthasar	178	7	2
<i>Lomanoxoides setosus</i> (Balthasar)	1	-	1
<i>Ontherus appendiculatus</i> (Mannerheim)	1161	54	557
<i>Ontherus sulcator</i> (Fabricius)	39	11	81
<i>Onthophagus prox. hirculus</i> Mannerheim	552	64	163
<i>Onthophagus prox. ranunculus</i> (Arrow)	52	7	34
<i>Oxysternon palaeno</i> (Castelnau)	3	-	1
<i>Phanaeus kirbyi</i> (Vigors)	4	-	-
<i>Phanaeus palaeno</i> (Blanchard)	2	-	-
<i>Trichaphodielus brasiliensis</i> Castelnau	-	-	1
<i>Trichillum externepunctatum</i> (Borre)	19796	1167	1279
<i>Uroxys epipleuralis</i> (Boucomont)	10	85	3436
<i>Uroxys</i> sp. 1	1	1	24
Total	43370	2117	10237

Tabela 4: Resultados da escavação referente ao experimento de desenvolvimento de *D. gazella* em área de pasto e mata na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, realizado de março a junho de 2012.

área*	tratamento*	repetição	peras	ovos	larvas	pupas	adultos
P	<i>D. gazella</i>	1	85	0	0	0	9
		2	80	0	2	2	9
		3	81	0	0	1	10
		4	35	0	0	1	6
M	<i>D. gazella</i>	1	51	0	1	0	2
		2	40	0	0	0	2
		3	27	0	0	0	4
		4	39	0	0	0	4
	<i>D. gazella</i> + <i>D. nisus</i>	1	23	0	2	0	0
		2	11	0	0	0	1
		3	7	0	0	0	0
		4	22	0	0	0	1

* área: P: pasto; M: mata.

Tabela 5: Resultados da escavação referente ao experimento de desenvolvimento de *D. gazella* em área de pasto e mata na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, realizada de fevereiro a julho de 2013.

área*	tratamento*	repetição	peras	ovos	larvas	pupas	adultos
P	<i>D. gazella</i>	1	180	2	30	1	9
		2	119	1	38	4	4
		3	154	1	48	0	1
		4	139	0	56	6	6
		5	148	0	57	22	4
	<i>D. gazella</i> + <i>D. bos</i>	1	113	0	37	14	11
		2	183	0	62	0	8
		3	126	0	48	22	6
		4	87	0	28	4	5
		5	116	0	21	20	9
M	<i>D. gazella</i>	1	0	0	0	0	0
		2	1	0	0	0	2
		3	0	0	1	0	0
		4	0	0	0	0	0
		5	0	0	1	0	0
	<i>D. gazella</i> + <i>D. bos</i>	1	3	0	4	0	0
		2	0	0	0	0	0
		3	1	0	1	0	0
		4	4	0	0	0	0
		5	1	0	1	0	0

área*	tratamento*	repetição	peras	ovos	larvas	pupas	adultos
	<i>D. gazella</i> + 3 espécies	1	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0
		3	2	0	2	0	0
		4	0	0	0	0	0
		5	10	0	0	0	12

* área: P: pasto; M: mata.

Tabela 6: Comparação das fases de desenvolvimento (FD) de *D. gazella* entre tratamentos em área de pastagem e fragmento de transição cerrado-mata atlântica. Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, de março a junho de 2012.

FD	tratamentos*		
	GAZE _p	GAZE _f	GAZN _f
peras	70,25±11,80a	39,25±4,91a	12,00±3,42b
larvas	6,50±2,50a	0,25±0,25b	0,50±0,50ab
pupas	1,00±0,41a	0,00±0,00b	0,00±0,00b
adultos	8,50±0,87a	3,00±0,58b	0,50±0,29c
Tjovem	7,50±2,72a	0,25±0,25b	0,50±0,50b
Tgazel	16,00±3,42a	3,25±0,48b	1,00±0,41b

Legenda: GAZE_p: *D. gazella* (pasto); GAZE_f: *D. gazella* (fragmento), GAZN_f: *D. gazella* + *D. nisus* (fragmento); Tjovem: soma de larvas e pupas; Tgazel = Tjovem + adultos de *D. gazella*. Dados seguidos pela mesma letra não diferem, na linha, ao nível de 5% de segurança pelo teste de Tukey.

Tabela 7: Comparação das fases de desenvolvimento (FD) de *D. gazella* entre tratamentos em área de pastagem e fragmento de transição cerrado-mata atlântica. Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, de fevereiro a junho de 2013.

FD	tratamentos*				
	GAZE _p	GAZB _p	GAZE _f	GAZB _f	GAZO _f
peras	148,00±9,95a	125,00±15,87a	0,40±0,24b	1,80±0,73b	2,40±1,94b
ovos	0,80±0,37a	0,00±0,00b	0,00±0,00b	0,00±0,00b	0,00±0,00b
larvas	45,80±5,22a	39,20±7,28a	0,40±0,24b	1,20±0,73b	0,40±0,40b
pupas	6,60±3,99ab	12,00±4,34a	0,00±0,00b	0,00±0,00b	0,00±0,00b
adultos	9,80±1,46a	10,40±0,93a	0,40±0,40b	0,00±0,00b	3,00±3,00b
Tjovem	53,20±7,98a	51,20±6,87a	0,40±0,24b	1,20±0,73b	0,40±0,40b
Tgazel	63,00±6,75a	61,60±7,41a	0,80±0,37b	1,20±0,73b	3,40±2,93b

Legenda: GAZE_p: *D. gazella* (pasto); GAZB_p: *D. gazella* + *D. bos* (pasto); GAZE_f: *D. gazella* (fragmento), GAZB_f: *D. gazella* + *D. bos* (fragmento); GAZO_f: *D. gazella* + *E. nigrovirens* + *C. histrio* + *O. appendiculatus* (fragmento); Tjovem: soma de larvas, pupas e ovos; Tgazel: Tjovem + adultos de *D. gazella*. Dados seguidos pela mesma letra não diferem, na linha, ao nível de 5% de segurança pelo teste de Tukey.

APÊNDICE B - FIGURAS



Figura 1: Transecto no qual foram instaladas as armadilha *pitfall* em área de pasto (*Urochloa decumbes*) e área de fragmento de transição cerrado-mata atlântica, Fazenda da UNESP, Selvíria/MS.



Figura 2: Armadilhas *pitfall* iscadas com massa fecal bovina (acima) e massa fecal suína (abaixo), nos anos de 2012 e 2013 respectivamente em área de pastagem (*Urochloa decumbes*), Fazenda da UNESP, Selvíria/MS.



Figura 3: Armadilhas *pitfall* iscadas com massa fecal bovina (acima) e massa fecal suína (abaixo), nos anos de 2012 e 2013 respectivamente em área de fragmento de transição cerrado-mata atlântica, Fazenda da UNESP, Selvíria/MS.



Figura 4: Registro de temperatura com o aparelho minitemp em área de pasto *Urochloa decumbes* (acima) e área de fragmento de transição cerrado-mata atlântica (abaixo), Fazenda da UNESP, Selvíria/MS.



Figura 5: Registro da intensidade luminosa em luxímetro Minilux em área de pasto (*Urochloa decumbes*) (acima) e área de fragmento de transição cerrado-mata atlântica (abaixo), Fazenda da UNESP, Selvíria/MS.



Figura 6: Gaiolas para a fase de desenvolvimento de *Digitonthophagus gazella* em área de pasto (*Urochloa decumbes*) em 2012 (acima) e 2013 (abaixo), na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS.



Figura 7: Gaiolas para a fase de desenvolvimento de *Digitonthophagus gazella* em área de fragmento de transição cerrado-mata atlântica em 2012 (acima) e 2013 (abaixo), na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS.

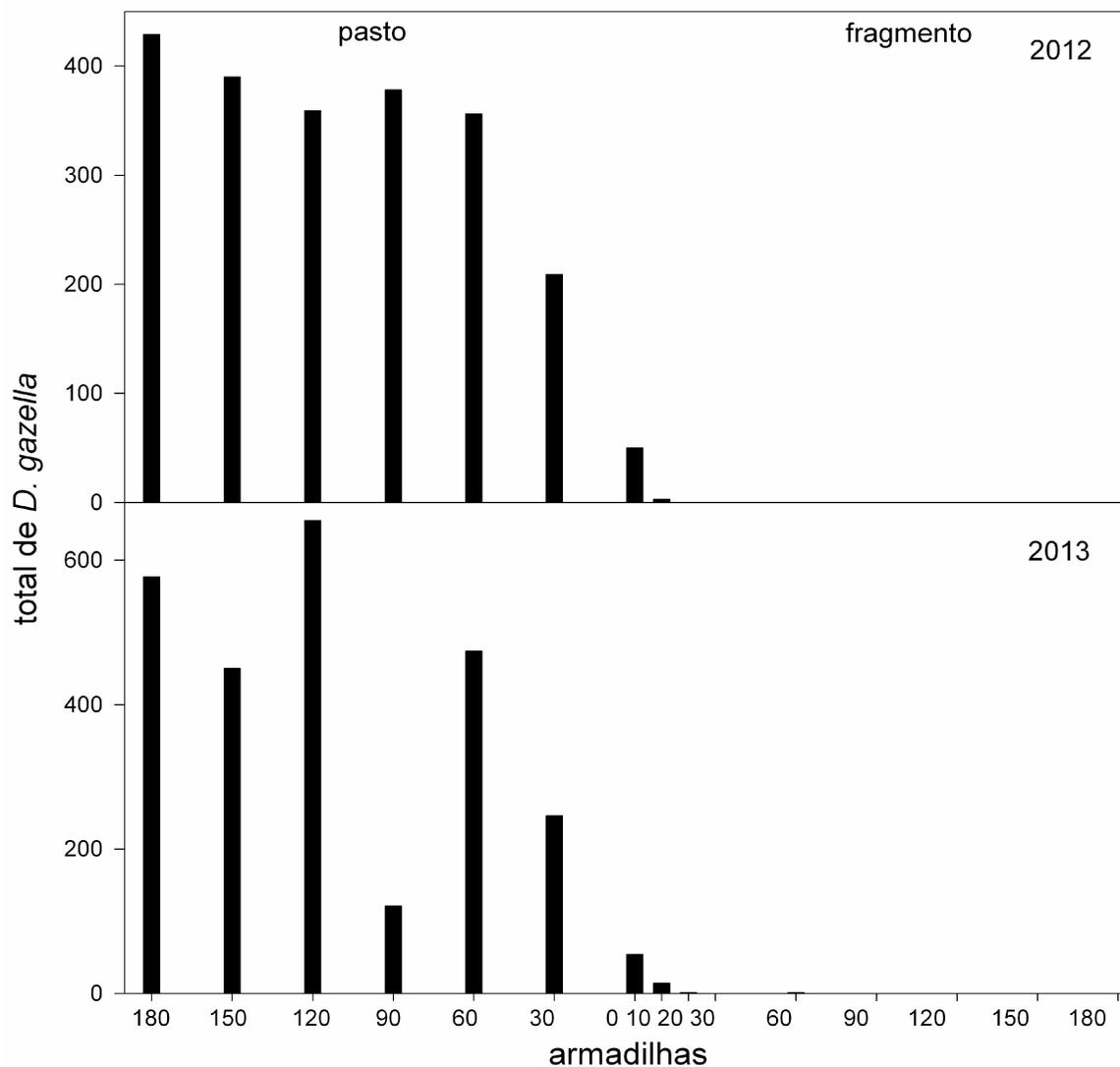


Figura 8: total de indivíduos de *D. gazella* capturados em armadilhas pitfall em área de pasto, borda e fragmento de transição cerrado-mata atlântica na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, de fevereiro a maio e outubro a dezembro de 2012 e de janeiro a julho de 2013.

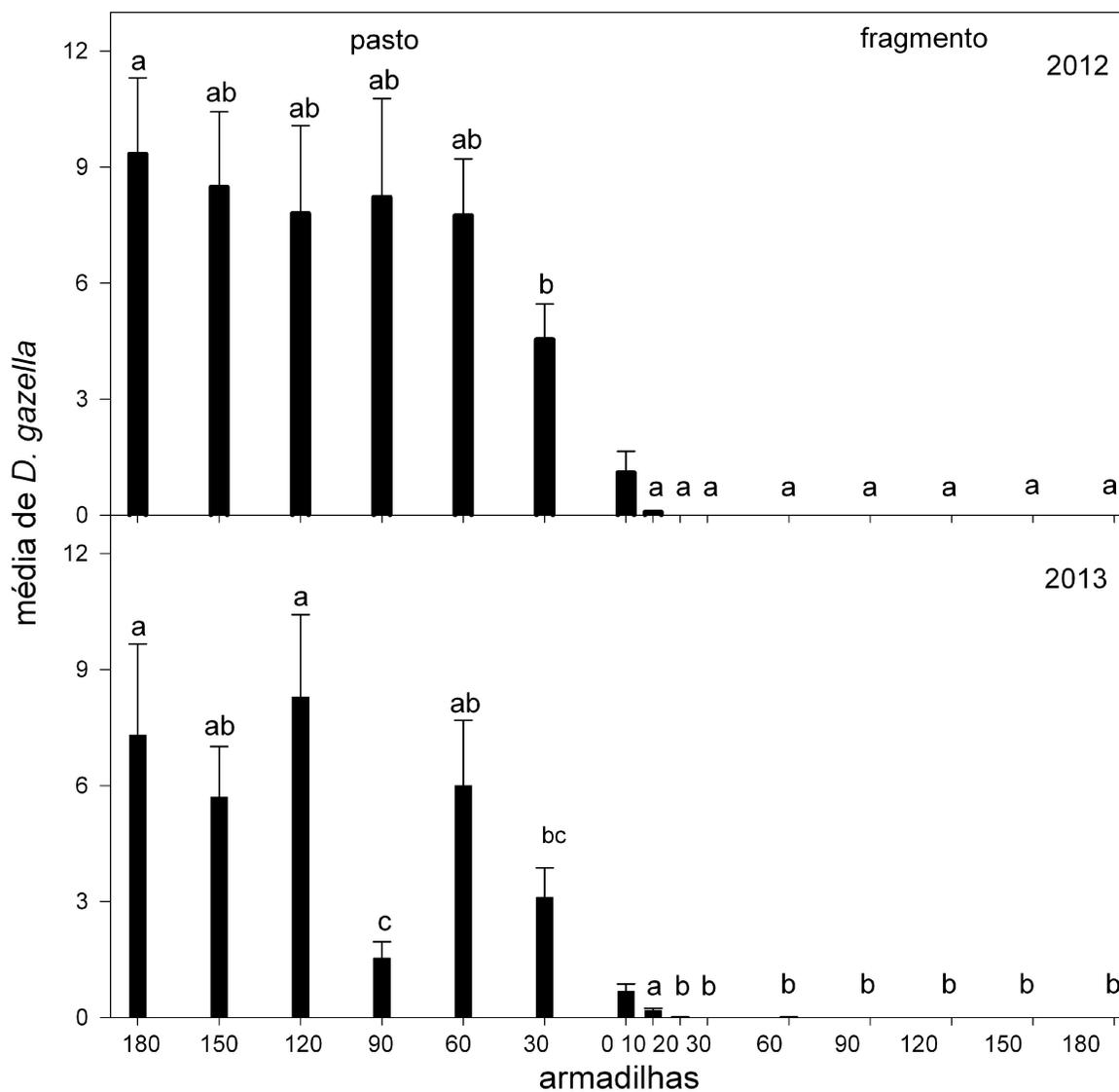


Figura 9: Média de captura de indivíduos de *D. gazella* em armadilhas pitfall em área de pasto, borda e fragmento de transição cerrado-mata atlântica na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, (a) de fevereiro a maio e outubro a dezembro de 2012; (b) de janeiro a julho de 2013. Dados seguidos pela mesma letra não diferem, na coluna pasto e fragmento, ao nível de 5% de segurança pelo teste de Tukey.

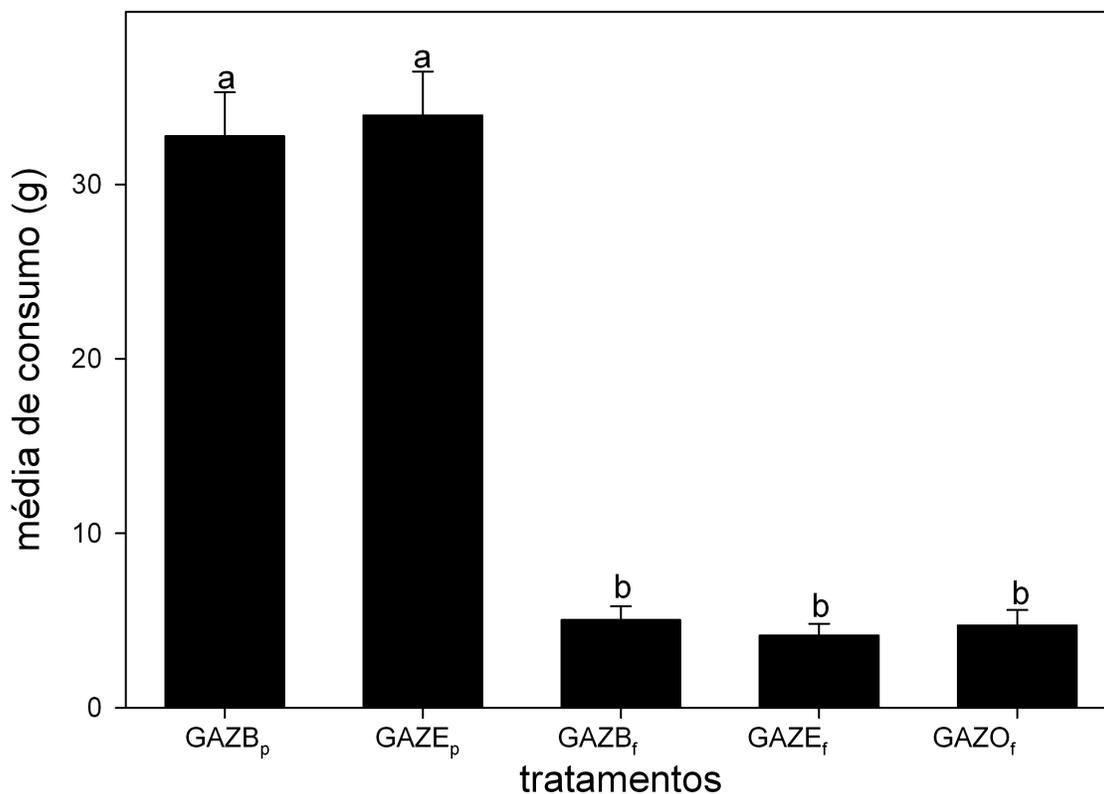


Figura 10: Média de consumo de massa fecal em diferentes tratamentos em área de pastagem e fragmento de transição cerrado-mata atlântica, realizado no período de fevereiro a julho de 2013 na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS. GAZB_p: *D. gazella* + *D. bos* (pasto); GAZE_p: *D. gazella* (pasto); GAZB_f: *D. gazella* + *D. bos* (fragmento); GAZE_f: *D. gazella* (fragmento) e GAZO_f: *D. gazella* + *E. nigrovirens* + *C. histrio* + *O. appendiculatus* (fragmento).

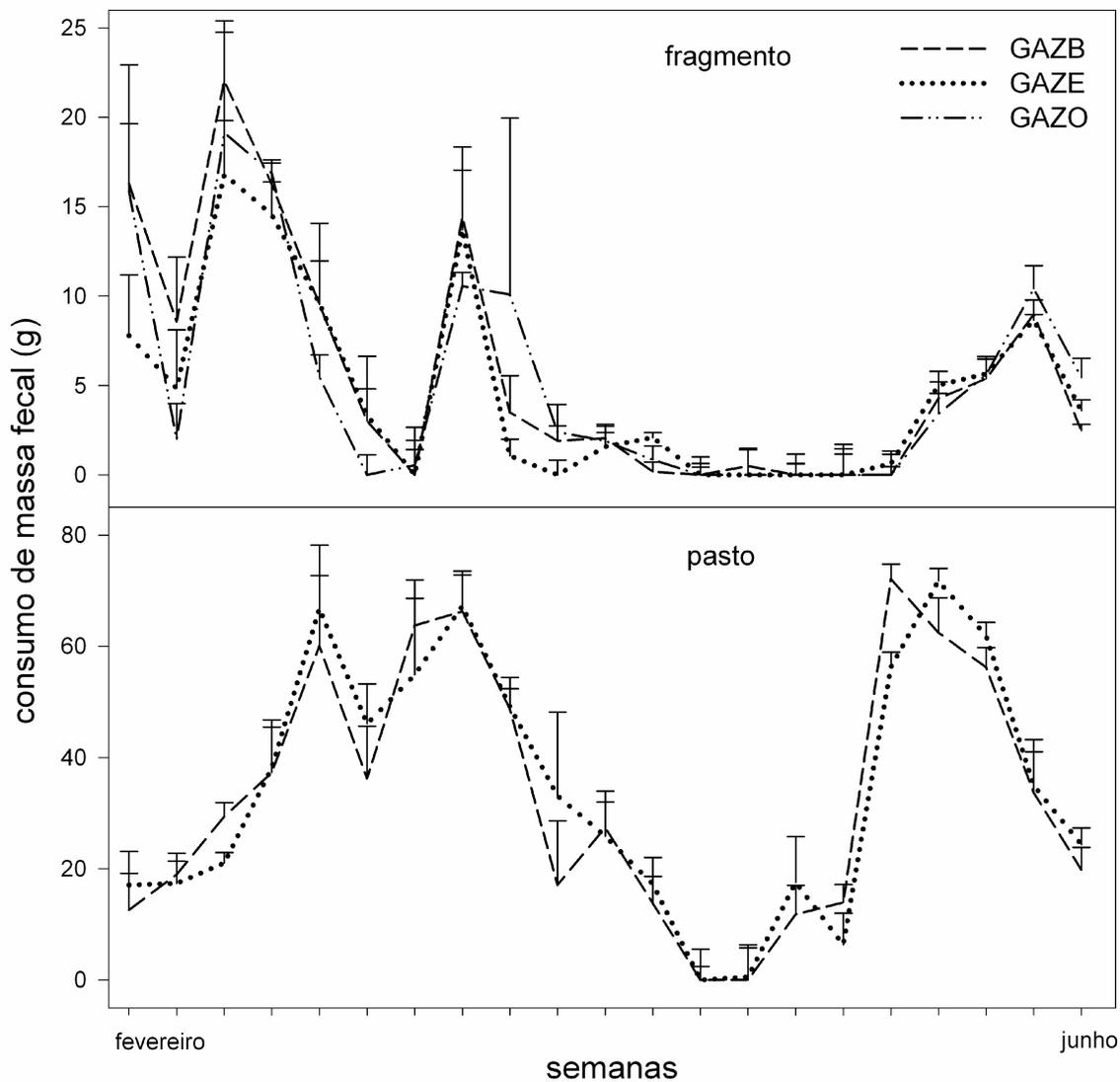


Figura 11: Comparação da média de consumo de massa fecal em três tratamentos, GAZB: *D. gazella* + *D. bos*; GAZE: *D. gazella* e GAZO: *D. gazella* + *E. nigrovirens* + *C. histrio* + *O. appendiculatus*, nas áreas de pasto (*Urochloa decumbes*) e fragmento de transição cerrado-mata atlântica, na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS, período de fevereiro a julho de 2013.

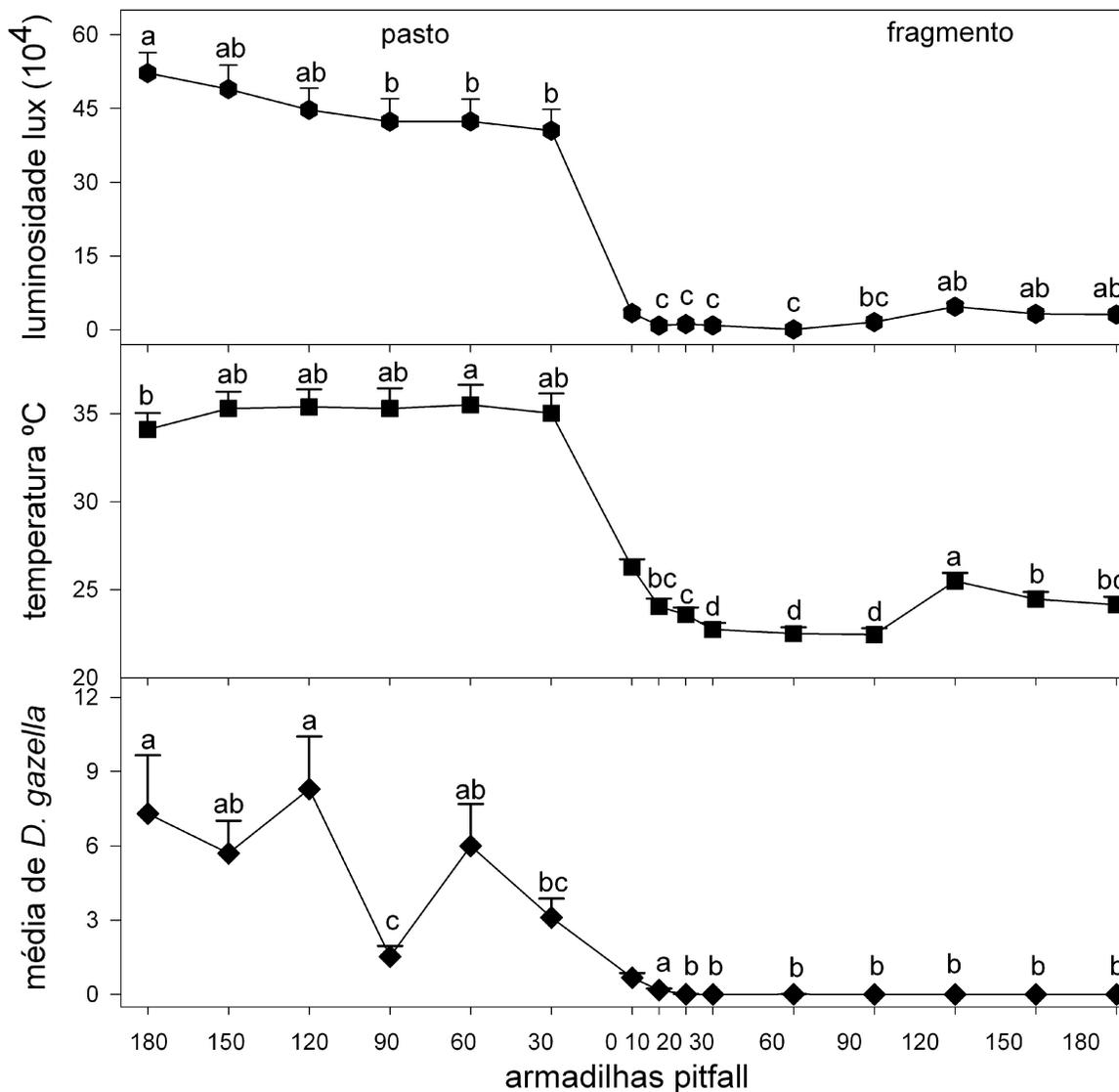


Figura 12: Comparação entre captura de indivíduos de *D. gazella* em armadilhas pitfall em área de pasto, borda e fragmento de transição cerrado-mata atlântica com temperatura e luminosidade obtida nas mesmas, durante o período de janeiro a julho de 2013 na Fazenda da UNESP, Selvíria/MS.