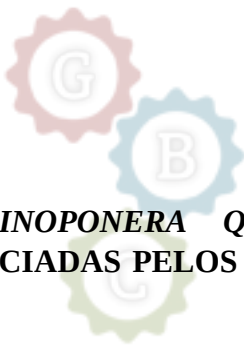




UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA, BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO - PPGGBC



**AS POPULAÇÕES DE *DINOPONERA QUADRICEPS* (FORMICIDAE:
PONERINAE) SÃO INFLUENCIADAS PELOS CAMPOS DE MURUNDUS DA
CAATINGA?**



Jequié-BA

ABRIL/2019





TAMILES BATISTA DOS SANTOS

AS POPULAÇÕES DE *DINOPONERA QUADRICEPS* (FORMICIDAE: PONERINAE) SÃO INFLUENCIADAS PELOS CAMPOS DE MURUNDUS DA CAATINGA?



Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Genética,
Biodiversidade e Conservação da Universidade
Estadual do Sudoeste da Bahia, para obtenção
do título de Mestre em Genética, Biodiversidade
e Conservação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Karine Carvalho

Co-orientador: Prof^o. Dr^o Ivan N. Cardoso

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a Christine, S. São Bernardo.



Jequié-BA
ABRIL/2019



S237p Santos, Tâmilis Batista dos.

As populações de *dinoponera quadricpes* (formicidae: ponerinae) são influenciadas pelos campos de murundus da caatinga? / Tâmilis Batista dos Santos.- Jequié, 2019.

42f.

(Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, sob orientação da Profª. Drª. Karine Carvalho e coorientação dos Profs. Drs. Ivan N. Cardoso e Christine S. São Bernardo)

Rafaella Cândia Portela de Sousa - CRB 5/1710. Bibliotecária – UESB - Jequié





UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA, BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

Campus Jequié-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “Os Campos De Murundus Da Caatinga Influenciam Na Distribuição Das Populações De Dinponera Quadriceps (Formicidae: Ponerinae)?”

Autor (a): Tamiles Batista Dos Santos

Orientador (a): Prof^ª Dr^ª Karine Santana Carvalho

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM GENÉTICA, BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GENÉTICA, BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO, pela Banca Examinadora:

Prof^ª Dr^ª Karine Santana Carvalho – UESB/ Jequié/BA

Prof. Dr. Jacques Hubert Charles Delabie – UESC / Itabuna/BA

Prof. Dr. Raymundo José de Sá Neto – UESB / Vitória da Conquista/BA

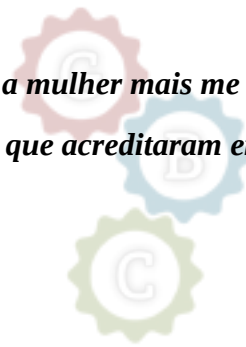
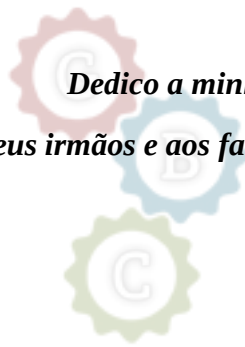
Data de realização: 12 de abril de 2019.



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

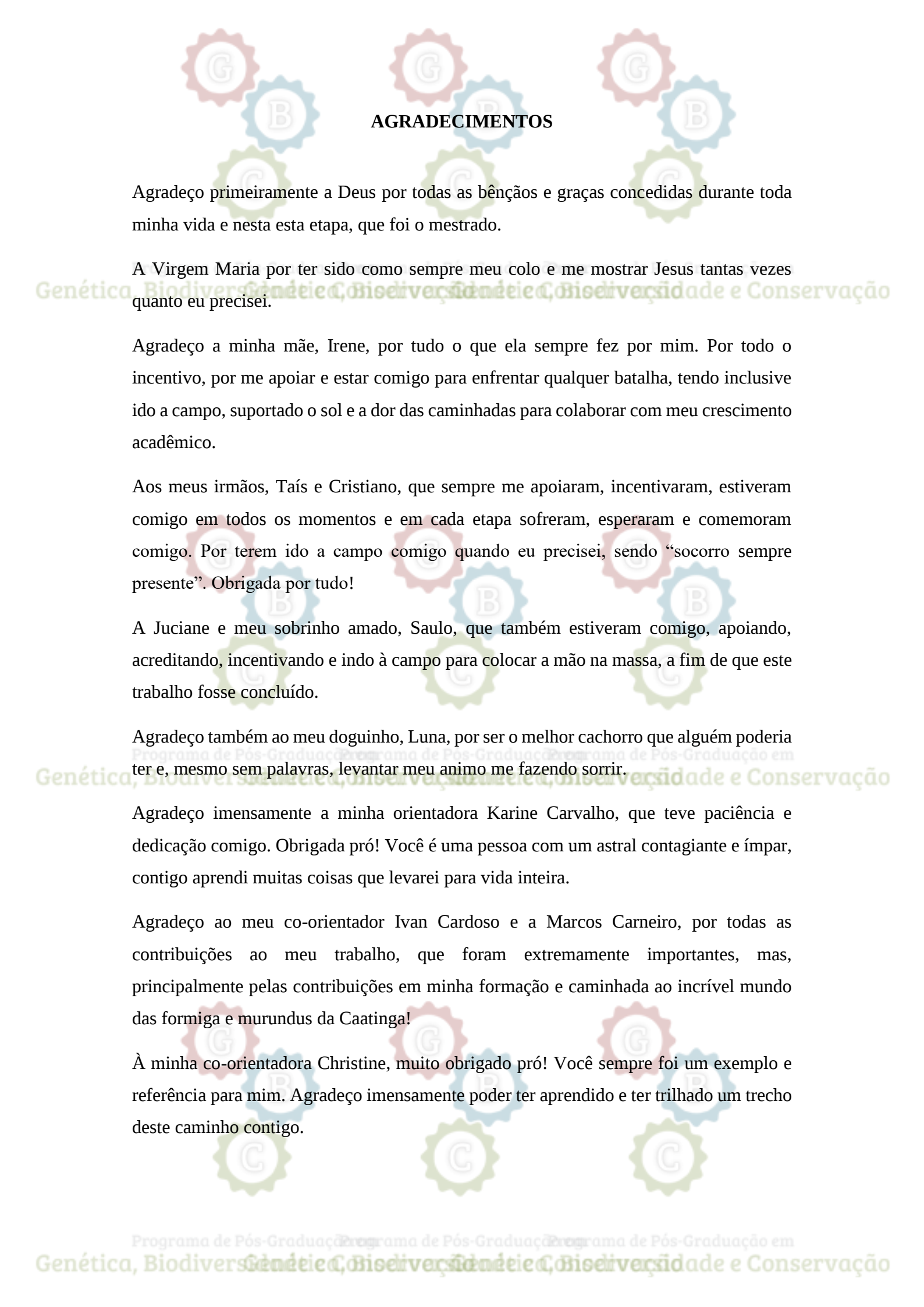


Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



*Dedico a minha mãe, a mulher mais me inspira,
aos meus irmãos e aos familiares que acreditaram em mim!*

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos e graças concedidas durante toda minha vida e nesta esta etapa, que foi o mestrado.

A Virgem Maria por ter sido como sempre meu colo e me mostrar Jesus tantas vezes quanto eu precisei.

Agradeço a minha mãe, Irene, por tudo o que ela sempre fez por mim. Por todo o incentivo, por me apoiar e estar comigo para enfrentar qualquer batalha, tendo inclusive ido a campo, suportado o sol e a dor das caminhadas para colaborar com meu crescimento acadêmico.

Aos meus irmãos, Taís e Cristiano, que sempre me apoiaram, incentivaram, estiveram comigo em todos os momentos e em cada etapa sofreram, esperaram e comemoram comigo. Por terem ido a campo comigo quando eu precisei, sendo “socorro sempre presente”. Obrigada por tudo!

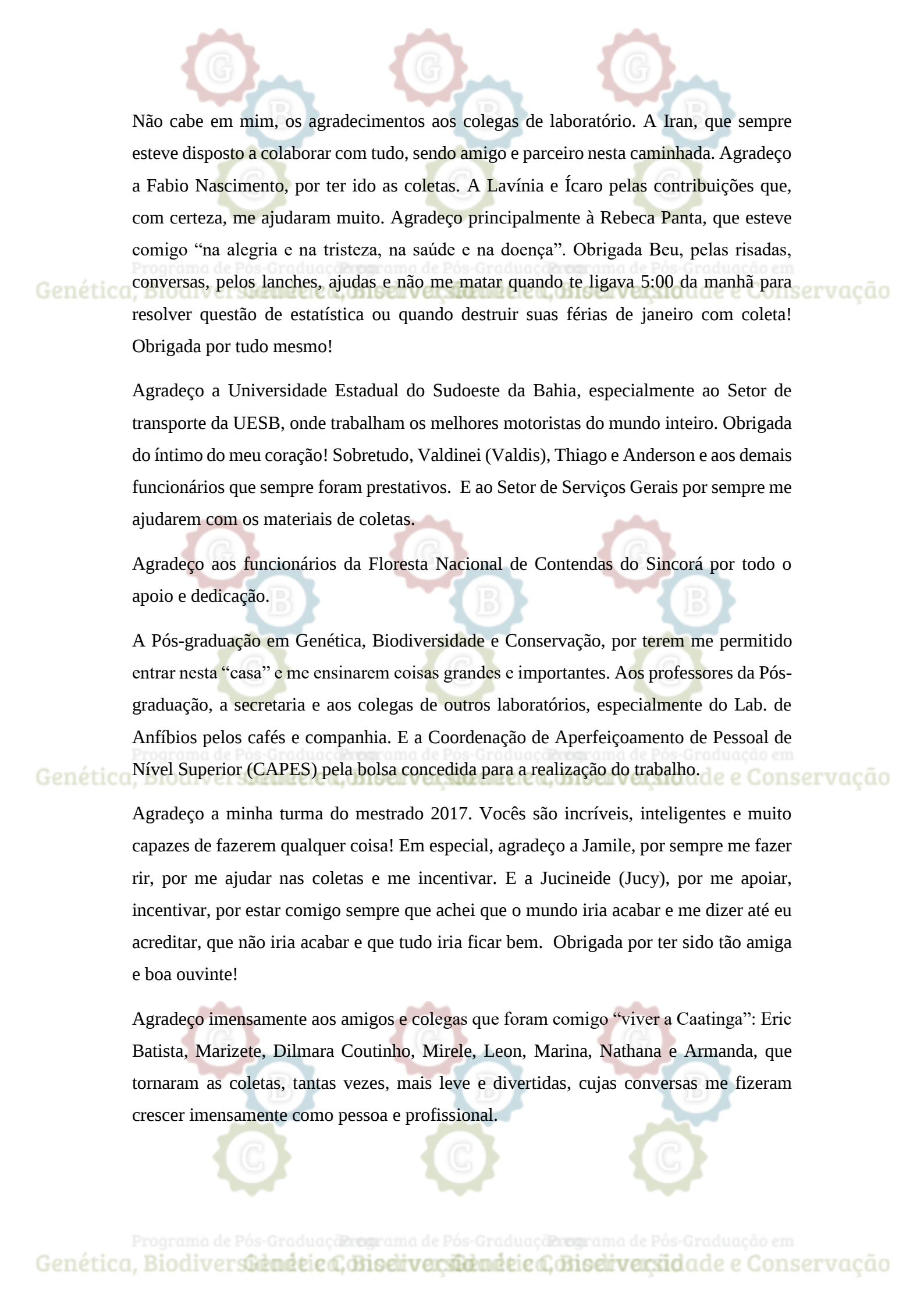
A Juciane e meu sobrinho amado, Saulo, que também estiveram comigo, apoiando, acreditando, incentivando e indo à campo para colocar a mão na massa, a fim de que este trabalho fosse concluído.

Agradeço também ao meu doguinho, Luna, por ser o melhor cachorro que alguém poderia ter e, mesmo sem palavras, levantar meu animo me fazendo sorrir.

Agradeço imensamente a minha orientadora Karine Carvalho, que teve paciência e dedicação comigo. Obrigada pró! Você é uma pessoa com um astral contagiante e ímpar, contigo aprendi muitas coisas que levarei para vida inteira.

Agradeço ao meu co-orientador Ivan Cardoso e a Marcos Carneiro, por todas as contribuições ao meu trabalho, que foram extremamente importantes, mas, principalmente pelas contribuições em minha formação e caminhada ao incrível mundo das formiga e murundus da Caatinga!

À minha co-orientadora Christine, muito obrigado pró! Você sempre foi um exemplo e referência para mim. Agradeço imensamente poder ter aprendido e ter trilhado um trecho deste caminho contigo.



Não cabe em mim, os agradecimentos aos colegas de laboratório. A Iran, que sempre esteve disposto a colaborar com tudo, sendo amigo e parceiro nesta caminhada. Agradeço a Fabio Nascimento, por ter ido as coletas. A Lavínia e Ícaro pelas contribuições que, com certeza, me ajudaram muito. Agradeço principalmente à Rebeca Panta, que esteve comigo “na alegria e na tristeza, na saúde e na doença”. Obrigada Beu, pelas risadas, conversas, pelos lanches, ajudas e não me matar quando te ligava 5:00 da manhã para resolver questão de estatística ou quando destruir suas férias de janeiro com coleta! Obrigada por tudo mesmo!

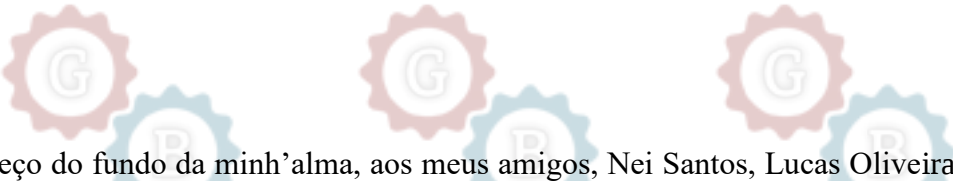
Agradeço a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, especialmente ao Setor de transporte da UESB, onde trabalham os melhores motoristas do mundo inteiro. Obrigada do íntimo do meu coração! Sobretudo, Valdinei (Valdis), Thiago e Anderson e aos demais funcionários que sempre foram prestativos. E ao Setor de Serviços Gerais por sempre me ajudarem com os materiais de coletas.

Agradeço aos funcionários da Floresta Nacional de Contendas do Sincorá por todo o apoio e dedicação.

A Pós-graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação, por terem me permitido entrar nesta “casa” e me ensinarem coisas grandes e importantes. Aos professores da Pós-graduação, a secretaria e aos colegas de outros laboratórios, especialmente do Lab. de Anfíbios pelos cafés e companhia. E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida para a realização do trabalho.

Agradeço a minha turma do mestrado 2017. Vocês são incríveis, inteligentes e muito capazes de fazerem qualquer coisa! Em especial, agradeço a Jamile, por sempre me fazer rir, por me ajudar nas coletas e me incentivar. E a Jucineide (Jucy), por me apoiar, incentivar, por estar comigo sempre que achei que o mundo iria acabar e me dizer até eu acreditar, que não iria acabar e que tudo iria ficar bem. Obrigada por ter sido tão amiga e boa ouvinte!

Agradeço imensamente aos amigos e colegas que foram comigo “viver a Caatinga”: Eric Batista, Marizete, Dilmara Coutinho, Mirele, Leon, Marina, Nathana e Armanda, que tornaram as coletas, tantas vezes, mais leve e divertidas, cujas conversas me fizeram crescer imensamente como pessoa e profissional.



Agradeço do fundo da minh'alma, aos meus amigos, Nei Santos, Lucas Oliveira, Bruno Silva, Manoela Matos, Taynara Cardoso e Diego Andrade, por terem me ouvido, me aguentado nas minhas chatices, tornado meus dias difíceis em dias suportáveis. Suportado meus choros e, tantas vezes, estado comigo no meu pior momento. Amo vocês com uma força imensa!

Agradeço, e como agradeço, ao meu amigo Lúcio Flávio, por ser uma pessoa tão incrível e me ajudar sempre! E a Camila Goldas por ter sido paciente, me ajudado quando eu não entendia alguma coisa e corria para ela sem ao menos conhecer pessoalmente. Vocês dois são luzes de Deus neste mundo, vocês são a diferença!

Agradeço de forma singular, ao meu Grupo de Oração Universitário (GOU) Estrela da manhã. Local em que tantas vezes eu fui em pedaços e de onde eu sempre saía inteira, pronta para enfrentar os desafios da vida acadêmica.

Enfim, agradeço imensamente a todas as pessoas que de forma direta ou indireta integraram esta preciosa parte da minha vida. Na qual eu aprendi tanto que não posso explicar. Com cada trecho caminhado, cada pessoa que se fez presença, cada seminário e viagem. Aprendi não somente sobre formigas e murundus, mas, sobre a vida e principalmente sobre mim. Obrigada a todos!

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



BIOGRAFIA

Tamiles Batista dos Santos, concluiu a graduação em no curso de Ciências Biológicas (Licenciatura) em 2016, pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, quando interessou-se pelo mestrado em Genética, Biodiversidade e Conservação e desejou trabalhar com zoologia de invertebrados. Tendo sido aprovada em 2017 no programa e sob a orientação da professora Dr^a Karine Carvalho, descobriu o incrível mundo das formigas e os misteriosos murundus da Caatinga.



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

“Observe as formigas, reflita sobre os caminhos delas e seja sábio!”

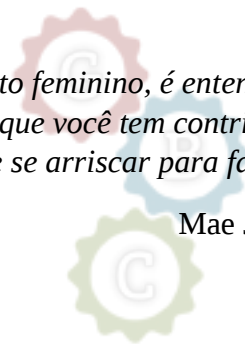
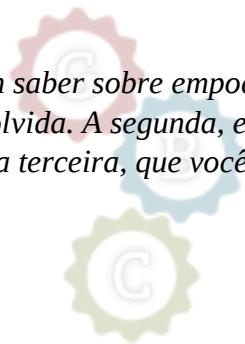
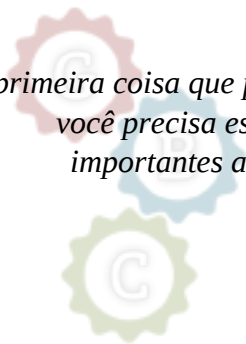
Provérbios 6:6

“É preciso tentar não sucumbir sob o peso de nossas angústias, e continuar a lutar!”

J.K. Rowling

“A primeira coisa que precisam saber sobre empoderamento feminino, é entender que você precisa estar envolvida. A segunda, entender que você tem contribuições importantes a fazer e a terceira, que você tem que se arriscar para fazê-las.”

Mae Jemison



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



RESUMO

Os campos de murundus compõem a paisagem da Caatinga há cerca de 4,000 mil anos. São formações resultantes de escavações subterrâneas de túneis feitos por térmitas na procura de folhagem enterradas, para sua alimentação. Coexistindo de maneira conspícua nesses campos, a formiga *Dinoponera quadricaps*, espécie endêmica do semiárido brasileiro, constrói ninhos sob o solo. Neste contexto, nosso objetivo foi avaliar se a presença dos murundus exerce alguma influência sobre as populações de *D. quadricaps*. Para isso, testamos as seguintes hipóteses: (i) A quantidade de ninhos e a frequência de ocorrência de indivíduos de *D. quadricaps* é maior nos campos de murundus do que em áreas de Caatinga sem a presença de murundus (ii) A frequência de ninhos é maior próximas aos murundus do que longe. Selecionamos dois campos de murundus e duas áreas sem murundus, nas quais instalamos oito parcelas de 400 m² (n=32) onde registramos todos os ninhos de *D. quadricaps*, instalamos *pitfall* para verificar a frequência de ocorrência de indivíduos, medimos o pH do solo, diâmetro de árvores, as distâncias ninho-murundu e ninho-árvore e número de murundus. Verificamos se as variáveis explicativas exercem influência sobre a densidade de ninhos utilizando modelos lineares generalizados. A densidade de ninhos e a frequência de ocorrência de indivíduos de *D. quadricaps* foram maiores nos campos de murundus do que em áreas sem murundus. Houve uma maior frequência de ninhos longe dos murundus do que perto deles, indicando que não existe atração entre essas estruturas biogênicas. Individualmente os murundus não influenciaram o estabelecimento de ninhos de *D. quadricaps*, no entanto, nós constatamos uma forte preferência dessas formigas por campos de murundus para fundação de suas colônias. Tal preferência, provavelmente está relacionada à presença dos túneis subterrâneos de térmitas que possivelmente facilitam a escavação das operárias na construção dos ninhos, e/ou a simples presença de térmitas, recurso alimentar para as formigas. Campos de murundus revelam-se como áreas importantes na conservação da biodiversidade da Caatinga.

Palavras-chaves: Murundus; Floresta seca; Formigas; *Dinoponera*



ABSTRACT

The murundus fields make up the Caatinga landscape about 4.000 years. It is formations resulting from subterranean excavations of tunnels made by termites in search of buried leaves, for its feeding. Coexisting conspicuously in these fields, the ant *Dinoponera quadriceps*, an endemic species of the Brazilian Northeast, builds nests under the ground. In this context, our objective was to evaluate if the presence of the murundus exerts some influence on the *D. quadriceps* populations. For this, we test the following hypotheses: (i) Nest density and occurrence frequency of *D. quadriceps* individuals is higher in murundus fields than in Caatinga areas without the presence of murundus. (ii) The frequency of nest is closer to the murundus than far away. We selected two fields of murundus and two areas without murundus, in which we installed eight plots of 400 m² (n = 32) where we recorded all nests of *D. quadriceps*, installed pitfall to verify the frequency of occurrence of individuals, measured soil pH, tree diameter, nest-murundu and nest-tree distances, and murundus numbers. We verified whether the explanatory variables exert influence on nest density using generalized linear models. The nest quantity and frequency of occurrence of *D. quadriceps* individuals were higher in the murundus fields than in the non murundian areas. There was a higher frequency of nests away from murundus than near, indicating that there is no attraction between these biogenic structures. Individually murundus did not influence the establishment of *D. quadriceps* nests, however, we found a strong preference of these ants for murundus fields for the colonies foundation. This preference is probably related to the presence of underground termite tunnels that possibly facilitate the digging of the workers in the construction of the nests, and/or the simple presence of termites, an alimentary ants resource. Murundum fields are revealed as important areas for the conservation of the Caatinga's biodiversity.

Keywords: Murundus; Forest dry; Ants; *Dinoponera*



LISTA DE TABELAS

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Tabela 1: Revisão bibliográfica de publicações indexadas em revistas, sobre as *Dinoponera quadriceps* com o nome da espécie e/ou no título, e/ou palavras-chaves e e/ou resumo.....41

Tabela 2: Parâmetros das variáveis explicativas dos Modelos Lineares Generalizados (MLGs) sobre a quantidade de ninhos de *D. quadriceps* em campos de murundus da Caatinga, Bahia, Brasil, 2018 (Q.mur = Quantidade de murundu, Dist.mur= Distância do ninho ao murundu, Dist.arv= Distância do ninho à árvore, DAP= Diâmetro à altura do peito, pH= Potencial Hidrogeniônico).....26



LISTA DE FIGURAS

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

Figura 1: Figura 1: a) Densidade de ninhos de *Dinoponera quadriceps* por parcela de 400m² em áreas sem murundus e campos de murundus da Caatinga b) Frequência média de ocorrência dos indivíduos de *D. quadriceps* em campos de murundus e áreas sem murundus. Contendas do Sincorá, BA, Brasil. 2018.30



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação

AIC: Critério de informação de Akaike

CAP: Circunferência do tronco de árvores à altura do peito

DAP: Diâmetro do tronco de árvores à altura do peito

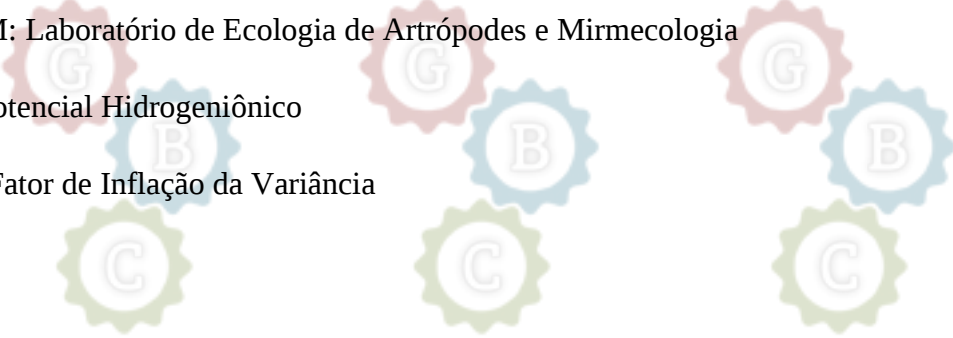
FLONA: Floresta Nacional

GLM: Modelos Lineares Generalizados

LEAM: Laboratório de Ecologia de Artrópodes e Mirmecologia

pH: Potencial Hidrogeniônico

VIF: Fator de Inflação da Variância



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação



SUMÁRIO

1. Introdução	17
2. Revisão Bibliográfica.....	19
2.1 Aspectos gerais sobre murundus	19
2.2 Aspectos gerais do gênero <i>Dinoponera</i> Rogers	20
2.2.1 <i>Dinoponera quadriceps</i>	21
3. Objetivo Geral	23
3.1 Objetivos específicos.....	23
Referências	24
CAPITULO ÚNICO	27
Introdução.....	28
Material e Método	30
Resultados	32
Discussão	35
REFERÊNCIAS	39
Considerações gerais e implicações	42

1. Introdução

Montes de terras ocorrem em diversas paisagens no mundo e possuem muitos nomes e teorias para sua origem, como *mima-montes* nos Estados Unidos, *Heuweltjei* na África do Sul e campos de murundu do Brasil central (Midgley, 2010). Esses montes de terra apresentam formato geralmente cônico e tamanhos que variam entre 1,5 a quatro metros de altura (Funch, 2015; Sousa e Delabie, 2017).

No Brasil, os murundus (Funch, 2015), se distribuem no centro e são originados de inundações (Oliveira-filho e Furley, 1990). Também ocorrem na Caatinga (Nordeste brasileiro) cuja origem é biológica, por ação das escavações de térmitas, os quais formam complexas redes de túneis subterrâneas (Martin *et al.*, 2018). Os murundus da Caatinga são estruturas que se apresentam de forma regular sem nunca se tocar ou se sobrepor e ocupam amplas áreas conhecidas como campos de murundus (Funch, 2015; Sousa e Delabie, 2016; Sousa e Delabie, 2017; Martin *et al.*, 2018).

Os campos de murundus da Caatinga, despertaram o interesse dos cientistas a partir da década de 80 quando ocorreram intensivos desmatamentos, deixando-os expostos (Funch, 2015). Estes murundus possuem um solo relativamente ácido e são bastante lixiviados (Carvalho *et al.*, 2017). Ocupam áreas que se estendem por 230,000 km e possuem aproximadamente 4,000 mil anos (Sousa e Delabie, 2016; Martin *et al.*, 2018).

Coexistindo de forma conspícua com os murundus da Caatinga, encontramos a formiga *Dinoponera quadriceps*, espécie endêmica do semiárido brasileiro (Paiva e Brandão, 1995; Vasconcelos *et al.*, 2004; Lenhart *et al.*, 2013). As populações de *D. quadriceps* são pequenas, raramente chegam a 200 indivíduos, as colônias são próximas devido à forma de fundação dependente e com ausência de voo nupcial (Peeters, 1991) porém são altamente territorialistas e competem fortemente por recursos.

As colônias de *D. quadriceps* constroem ninhos com características próprias, na base de alguma árvore, apresentam pequenos galhos na entrada e de um a dois orifícios que servem de olheiros de ventilação e passagem dos indivíduos (Paiva e Brandão, 1995; Dantas-De-Araújo e Jaisson, 1999). São ninhos construídos sob o solo e pode possuir até 16 câmaras e 1,2 metros de profundidade (Paiva e Brandão, 1995; Vasconcelos *et al.*, 2004). Apesar de construírem seus

ninhos, estas formigas também podem invadir ninhos abandonados de outras formigas (Nascimento *et. al.*, 2017).

Construindo ou utilizando ninhos já existentes no solo, as populações de *D. quadricipes*, assim como outras espécies de formigas, podem impactar o solo influenciando na ciclagem de nutrientes, favorecendo o estabelecimento de plantas, ou controlando outros artrópodes (Hölldobler e Wilson, 1990). Além de exercerem o papel de predadoras, essas formigas podem se alimentar de restos de animais mortos e material vegetal (Araújo *et. al.*, 2012). As operárias podem ser dispersoras de sementes (Leal, *et al.* 2013).

Devido à importância ecológica de *D. quadricipes* na Caatinga, e devido à sua notória frequência em campos de murundus, o presente estudo avaliou quais as influências dos campos de murundus sobre a dinâmica de estabelecimento dos ninhos das populações da formiga *Dinoponera quadricipes*. Tal estudo, além de diminuir as lacunas do conhecimento sobre a ecologia de *D. quadricipes*, deverá contribuir para a conservação da biodiversidade da Caatinga, mediada por campos de murundus.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Aspectos gerais sobre murundus

Montículos de terra organizados de forma padronizada, com formato geralmente cônico ou circular e tamanhos variados, se acumulam nas paisagens de todo o mundo e possuem muitos nomes como *mima-montes* nos Estados Unidos da América (EUA), *Heuweltjei* na África do Sul ou campos de murundu no Brasil (Midgley, 2010; Cremer e Barger, 2014).

Apesar de à primeira vista, parecerem iguais em todas os ambientes, estes montículos de terra possuem gêneses distintas. A formação dos *mima-montes* nos EUA, são atribuídas a roedores (Cremer e Barger, 2014; Cremer e Midgley, 2015) Os *Heuweltjei* foram considerados como cupinzeiros fosseis por muito tempo, mas, Cremer e Bangers (2014) sugeriram que construção fossem atribuídas ao acúmulo de terra em machas de vegetação. Embora a vegetação não seja diretamente formadoras de montes de terra, elas podem contribuir para a erosão e sedimentação hidráulica e eólica dos solos (Creme e Barger, 2014).

Os montículos que ocorrem no cerrado, no centro do Brasil, chamados de murundus, derivam de escoamento e infiltração, que causam erosão no solo, durante períodos de alagamento (Furley, 1986; Resende *et al*, 2004, Silva *et al*, 2010). Não é dispensada a hipótese de que outros fatores tenham participado da formação destes montes (Rezende *et al*, 2004; Silva *et al*, 2010). Contudo, os murundus da Caatinga, localizados na região nordeste do País, possuem origens distintas e biológica (Funch, 2015; Martin *et. al*, 2018).

Estes murundus que se destacam nas paisagens de Caatinga, existem a pelo menos 4,000 mil anos e surgiram pelo efeito de escavações de cupins da espécie de térmita *Syntermes dirus* (Martin *et al*, 2018). O solo é altamente compactado, bastante lixiviado e com menor cobertura vegetal em comparação ao solo adjacente a ele (Carvalho *et al*, 2017).

Os murundus da Caatinga começaram a despertar o interesse da comunidade científica após a década de 80 quando o desmatamento se ampliou, permitido que essas estruturas, que variam de dois a quatro metros de altura, de formato geralmente cônico, ficassem expostas (Funch, 2015). O espaçamento dos murundus é do tipo regular (Funch, 2015; Souza e Delabie, 2017). Com densidade registrada por Souza e Delabie (2016) de 15,6 montes por hectares, enquanto Funch (2015) registou 35 montes por hectares na região norte de Minas Gerais e estado da Bahia.

A origem destas grandes estruturas que modificam a paisagem dando a ela um aspecto “encalombado” (Antunes, 2015) foi por muito tempo desconhecida. Contudo, em 2014, Oliveira *et al.*, sugeriram que elas possuísem origem biológica, pela atividade de térmitas. Funch (2015) sugeriu que os murundus fossem ninhos de térmitas, formado por solo subsuperficiais, efeito da atividade de tunelamento.

Souza e Delabie (2016) testaram a congruência dos murundus da Caatinga com espécies de cupins construtores de montículos. Eles reforçaram que os térmitas poderiam estar envolvidos na construção destes montes e destacaram quatro espécies que tiveram maior congruência com os murundus (*Cornitermes bequaerti*, *C. silvestrii*, *Syntermes dirus* e *S. wheeleri*).

Entretanto, recentemente, Martin *et al* (2018) demonstraram que murundus não são ninhos de termitas, mas, são estruturas originadas a partir da escavação dos mesmos. A espécie *Syntermes dirus* foi destacada como principal responsável por longos túneis que interligam os murundus da Caatinga, formando uma rede de aproximadamente 230,000 Km² (Martin *et al*, 2018).

Martin *et al* (2018) sugerem que a busca por folhas caídas durante a seca, das quais se alimentam, sejam um dos motivos para o escavamento dos complexos tuneis e que este pode ser um dos fatores para a distribuição dos murundus. Os murundus da Caatinga nunca se tocam ou sobrepõem (Funch, 2015), demonstrando que existem reguladores de distância que podem incluir a territorialidade e agressividade dos envolvidos na sua construção (Souza e Delabie, 2016; Martin *et al*, 2018).

2.2 Aspectos gerais do gênero *Dinoponera* Rogers

As formigas *Dinoponera* estão entre as maiores do mundo (Kempf, 1971; Monnin e Peeters, 1991; Lenhart, 2013), pertencem a tribo Ponerini, subfamília Ponerinae e ocorre exclusivamente na América do Sul, em ambientes variados, desde locais frios como o Andes peruanos ao semiárido do Brasil (Kempf, 1971; Peeters, 1991; Lenhart, 2013). O gênero *Dinoponera* é composto por dez espécies: *D. lucida*, *D. roger*, *D. gigantea*, *D. grandis*, *D. longipes*, *D. mutica*, *D. australis*, *D. quadriceps*, *D. snelligni* e *D. hispida* (Lenhart, 2013). Essas espécies apresentam padrões ecológicos e comportamentais semelhantes como hierarquia

de dominância, forrageio solitário, ritmo endógeno e possível politeísmo etário (Peeters, 1991; Monnin e Peeters, 1998). No Brasil ocorrem todas as espécies, sendo *Dinoponera quadriceps* endêmica da região nordeste do País (Lenhart, 2013).

Assim como outros gêneros de Ponerinae, as operárias de *Dinoponera* não possuem a casta de rainha, elas apresentam uma “*gamergate*” (operária reprodutora) com os ovários desenvolvidos e espermateca funcional, porém, não existem diferenças na morfologia externa com as operárias (Monnin e Peeters, 1998). As operárias são totipotentes, contudo, a reprodução é monopolizada pela *gamergate*, fêmea alfa da colônia e as operárias seguem uma hierarquia (Monnin e Peeters, 1998; Monnin e Ratnieks, 1999).

A *gamergate* não realiza o voo nupcial (Peeters, 1991). As fundações de novas colônias ocorrem por meio da fissão (uma fêmea reprodutora fertilizada acompanhada de outras operárias deixa a colônia-mãe para estabelecimento do novo ninho), um tipo de dispersão que não permite grandes distâncias entre colônias (Peeters, 1991).

Apesar dessa limitação na dispersão, a distribuição espacial dos ninhos varia muito entre as espécies (Vasconcelos *et al* 2004). Por exemplo, ninhos de *D. quadriceps* se distribuem de forma regular e apresentam densidade variando entre 15 e 40/ha em Mata Atlântica. Tillberg *et al* (2014) encontraram para *D. australis* em uma região da Argentina, uma densidade de ninhos de 180/ha, também com distribuição regular. A densidade de *D. lucida* variou entre 20-52 ninhos/ha, com distribuição espacial agregada em fragmento de Mata Atlântica (Peixoto *et al.*, 2010).

2.2.1 *Dinoponera quadriceps*

A espécie *Dinoponera quadriceps* Santschi tem ocorrência na Caatinga, no Cerrado e na Mata Atlântica (Paiva e Brandão, 1995; Vasconcelos *et al*, 2004; Lenhart, 2013). Por ser uma formiga relativamente grande (medindo até 3 cm) Kempf, 1971; Lenhart *et al.*, 2013) tem sido bastante estudada desde sua descrição.

Apesar de ser predadora de pequenos invertebrados, quando ocorre escassez desse recurso, ela pode se alimentar de restos de animais mortos e material de origem vegetal (Araújo *et al.*, 2012). As operárias podem ser também, ótimas dispersoras de sementes no ambiente semiárido (Leal, *et al.* 2013). A *D. quadriceps* tem forrageamento solitário e sem recrutamento (Monnin e Peeters, 1998; Monnin e Ratnieks, 1999).

As colônias de *D. quadriceps* são estabelecidas no solo, geralmente próximos a árvores, com galhos nas bordas dos dois orifícios de entrada/saída (Paiva e Brandão, 1995). O estabelecimento dos ninhos na base de árvores oferece a *D. quadriceps* vantagem quanto ao clima e a temperatura típica da região do semiárido (Dantas-de-Araújo e Jaisson 1994). Essa formiga, assim como as demais do gênero são intolerantes ao calor excessivo (Araújo *et al.*, 2015). As colônias de *D. quadriceps* podem apresentar até 16 câmaras e ter 1,2 metros de profundidade (Paiva e Brandão, 1995; Vasconcelos *et al.*, 2004).

Considerando que a *D. quadriceps* ocorre principalmente em domínio de Caatinga, os trabalhos indexados sobre sua ecologia ainda são escassos (Tab.1 Apêndice) a vista, é bastante estudado o comportamento reprodutivo (muito do que se conhece para o gênero foi descrito utilizando a *D. quadriceps*). Porém, estudos sobre as interações desta formiga com a comunidade em que está inserida é pouco abordado, aspectos como: resiliência, visto que a Caatinga tem sido altamente perturbada e sobre-explorada (Leal, *et al.*, 2003), distribuição, grupos funcionais e importância para o nicho ao qual pertence, Interações e convivência com outras formigas e tolerância a outros artrópodes, são pouco abordados.

3. Objetivo Geral

Verificar quais características ambientais estão associadas com a formiga *D. quadriceps* em campos de “murundu” na Caatinga.

3.1 Objetivos específicos

- Comparar a densidade de ninhos *D. quadriceps* em campos de murundus e áreas sem murundus;
- Verificar se o estabelecimento dos ninhos de *D. quadriceps* é mais frequente próximo aos murundus do que longe de tais estruturas.
- Verificar quais variáveis explicativas (quantidade de murundus, pH do solo, diâmetro das árvores, distância dos ninhos à árvore, distância dos ninhos a murundus) podem influenciar na quantidade de ninhos nos campos de murundus.

Referências

- Antunes, P.D., Henrique, L., Figueiredo, A., Silva, J.F., Kondo, M.K., Augusto, J., Auxiliadora, M., Figueiredo, P., 2012. Caracterização Físico-Química De Micro-Relevo De Montículos “ Murundus ” Na Região De Janaúba No Norte De Minas Gerais 20, 81–85.
- Araujo, C.Z.D. De, France, C., 1990. Le syst & me reproductif sans reine : *Dinoponera* chez une ponérine quadriceps Santschi 22.
- Brandão, C., Paiva, R., 1995. Nests, worker population, and reproductive status of workers, in the giant queenless ponerine ant *Dinoponera* Roger (Hymenoptera Formicidae). Ethol. Ecol. Evol. 7, 297–312.
- Campiolo, S., Rosário, N.A. do, Strenzel, G.M.R., Feitosa, R., Delabie, J.H.C., 2015. Conservação de poneromorfos no Brasil. As formigas Poneromorfos do Bras. 447–462.
- Carvalho, K.S., Carneiro, M.A.F., Nascimento, I.C., Saha, A.K., Bruna, E.M., 2016. Lower ant diversity on earth mounds in a semi-arid ecosystem: Natural variation or a sign of degradation? Sociobiology 63, 1022–1030.
<https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i4.1171>
- Cramer, M.D., Barger, N.N., 2014. Are mima-like mounds the consequence of long-term stability of vegetation spatial patterning? Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 409, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.04.026>
- Cramer, M.D., Innes, S.N., Midgley, J.J., 2012. Hard evidence that heuweltjie earth mounds are relictual features produced by differential erosion. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 350–352, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2012.06.030>
- Cramer, M.D., Midgley, J.J., 2015. The distribution and spatial patterning of mima-like mounds in South Africa suggests genesis through vegetation induced aeolian sediment deposition. J. Arid Environ. 119, 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.03.011>
- de Souza, H.J., Delabie, J.H.C., 2016. ‘Murundus’ structures in the semi-arid region of Brazil: testing their geographical congruence with mound-building termites (Blattodea: Termitoidea: Termitidae). Ann. la Soc. Entomol. Fr. 52, 369–385.
<https://doi.org/10.1080/00379271.2017.1281090>

De Souza, H.J., Delabie, J.H.C., 2018. Fine-scale spatial distribution of murundus structures in the semi-arid region of Brazil. *Austral Ecol.* 43, 268–279.
<https://doi.org/10.1111/aec.12562>

Funch, R.R., 2015. Termite mounds as dominant land forms in semiarid northeastern Brazil. *J. Arid Environ.* 122, 27–29. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.05.010>

Furley, A.P.A., 2016. Classification and Distribution of Murundus in the Cerrado of Central Brazil Published by : Wiley Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2844925>
 Accessed : 27-06-2016 07 : 47 UTC Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions, 265–268.

Lenhart, P., Dash, S.T., Mackay, W.P., 2013. A revision of the giant Amazonian ants of the genus *Dinoponera* (Hymenoptera, Formicidae). *J. Hymenopt. Res.* 31, 119–164.
<https://doi.org/10.3897/jhr.31.4335>

Martin, S.J., Funch, R.R., Hanson, P.R., Yoo, E.H., 2018. A vast 4,000-year-old spatial pattern of termite mounds. *Curr. Biol.* 28, R1292–R1293.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.09.061>

Medeiros, J., Araújo, A., 2014. Workers' Extra-Nest Behavioral Changes During Colony Fission in *Dinoponera quadriceps* (Santschi). *Neotrop. Entomol.* 43, 115–121.
<https://doi.org/10.1007/s13744-013-0193-6>

Monnin, T., Peeters, C., 1998. Monogyny and regulation of worker mating in the queenless ant *Dinoponera quadriceps*. *Anim. Behav.* 55, 299–306.
<https://doi.org/10.1006/anbe.1997.0601>

Monnin, T., Ratnieks, F.L.W., 1999. Reproduction versus work in queenless ants: When to join a hierarchy of hopeful reproductives? *Behav. Ecol. Sociobiol.* 46, 413–422.
<https://doi.org/10.1007/s002650050637>

Monnin, T., Ratnieks, F.L.W., Brandão, C.R.F., 2003. Reproductive conflict in animal societies: Hierarchy length increases with colony size in queenless ponerine ants. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 54, 71–79. <https://doi.org/10.1007/s00265-003-0600-9>

Oliveira-filho, A.R.Y.T.D.E., 2011. Floodplain ' murundus ' of Central Brazil : evidence for the termite-origin hypothesis 8, 1–19.

Peeters, C., Ito, F., 2001. Colony dispersal and the evolution of queen morphology in social

Hymenoptera. Ann. Rev. Entomol. 46, 601–630.

<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.601>

Peixoto, A.V., Campiolo, S., Hubert, J., Delabie, C., 2016. THREATENED ANT, DINOPONERA LUCIDA EMERY (HYMENOPTERA: FORMICIDAE: Ponerinae), Aiming Its Effective Long-Term Conservation.

Silva, L.C.R., Vale, G.D., Haidar, R.F., da Sternberg, L.S.L., 2010. Deciphering earth mound origins in central Brazil. Plant Soil 336, 3–14. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0329-y>

Tillberg, C. V, Edmonds, B., Freauff, A., Hanisch, P.E., Paris, C., Smith, C.R., Tsutsui, N.D., 2014. Foraging Ecology of the Tropical Giant Hunting Ant *Dinoponera australis* (Hymenoptera : Formicidae) — Evaluating Mechanisms for High Abundance 46, 229–237.

CAPITULO ÚNICO

A ser submetido a Revista Ecological Entomology

AS POPULAÇÕES DE *DINOPONERA QUADRICEPS* (FORMICIDAE: PONERINAE) SÃO INFLUENCIADAS PELOS CAMPOS DE MURUNDUS DA CAATINGA?

Tamiles Batista dos Santos^a, Ivan Cardoso do Nascimento^b, Christine Steiner São Bernado^c, Karine Santana Carvalho^d

^a Discente do Programa de Pós-graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação- PPGGBC- Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Avenida José Moreira Sobrinho, s/n- Jequiezinho, Jequié-BA, 45206-190 tamilesbatista16@hotmail.com

^b Departamento de Ciências Biológicas-DCB, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Avenida José Moreira Sobrinho, s/n- Jequiezinho, Jequié-BA, 45206-190

^{c d} Docentes do Programa de Pós-Graduação em Genética, Biodiversidade e Conservação-PPGGBC, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Avenida José Moreira Sobrinho, s/n- Jequiezinho, Jequié-BA, 45206-190

Resumo

Os campos de murundus compõem a paisagem da Caatinga há cerca de 4,000 mil anos. São formações resultantes de escavações subterrâneas de túneis feitos por térmitas na procura de folham enterradas, para sua alimentação. Coexistindo de maneira conspícua nesses campos, a formiga *Dinoponera quadriceps*, espécie endêmica do Nordeste brasileiro, constrói ninhos sob o solo. Neste contexto, nosso objetivo foi avaliar se a presença dos murundus exerce alguma influência sobre as populações de *D. quadriceps*. Para isso, testamos as seguintes hipóteses: (i) A quantidade de ninhos e a frequência de ocorrência de indivíduos de *D. quadriceps* é maior nos campos de murundus do que em áreas de Caatinga sem a presença de murundus (ii) A frequência de ninhos é maior próximas aos murundus do que longe. Selecionamos dois campos de murundus e duas áreas sem murundus, nas quais instalamos oito parcelas de 400 m² (n=32) onde registramos todos os ninhos de *D. quadriceps*, instalamos *pitfall* para verificar a frequência de ocorrência de indivíduos, medimos o pH do solo, diâmetro de árvores, as distâncias ninho-murundu e ninho-árvore e número de murundus. Verificamos se as variáveis explicativas exercem influência sobre a densidade de ninhos utilizando modelos lineares generalizados. A densidade de ninhos e a frequência de ocorrência de indivíduos de *D. quadriceps* foram maiores nos campos de murundus do que em áreas sem murundus. Houve uma maior frequência de ninhos longe dos murundus do que perto deles, indicando que não existe atração entre essas estruturas biogênicas. Individualmente os murundus não influenciaram o estabelecimento de ninhos de *D. quadriceps*, no entanto, nós constatamos uma forte preferência dessas formigas por campos de murundus para fundação de suas colônias. Tal preferência, provavelmente está relacionada à presença dos túneis subterrâneos de térmitas que possivelmente facilitam a escavação das operárias na construção dos ninhos, e/ou a simples presença de térmitas, recurso alimentar para as formigas. Campos de murundus revelam-se como áreas importantes na conservação da biodiversidade da Caatinga.

Palavras-chave: campos de murundus; *Dinoponera quadriceps*; Caatinga.

Abstract

The murundus fields make up the Caatinga landscape about 4.000 years. It is formations resulting from subterranean excavations of tunnels made by termites in search of buried leaves, for its feeding. Coexisting conspicuously in these fields, the ant *Dinoponera quadricaps*, an endemic species of the Brazilian Northeast, builds nests under the ground. In this context, our objective was to evaluate if the presence of the murundus exerts some influence on the *D. quadricaps* populations. For this, we test the following hypotheses: (i) Nest density and occurrence frequency of *D. quadricaps* individuals is higher in murundus fields than in Caatinga areas without the presence of murundus. (ii) The frequency of nest is closer to the murundus than far away. We selected two fields of murundus and two areas without murundus, in which we installed eight plots of 400 m² (n = 32) where we recorded all nests of *D. quadricaps*, installed pitfall to verify the frequency of occurrence of individuals, measured soil pH, tree diameter, nest-murundu and nest-tree distances, and murundus numbers. We verified whether the explanatory variables exert influence on nest density using generalized linear models. The nest quantity and frequency of occurrence of *D. quadricaps* individuals were higher in the murundus fields than in the non murundian areas. There was a higher frequency of nests away from murundus than near, indicating that there is no attraction between these biogenic structures. Individually murundus did not influence the establishment of *D. quadricaps* nests, however, we found a strong preference of these ants for murundus fields for the colonies foundation. This preference is probably related to the presence of underground termite tunnels that possibly facilitate the digging of the workers in the construction of the nests, and/or the simple presence of termites, an alimentary ants resource. Murundum fields are revealed as important areas for the conservation of the Caatinga's biodiversity.

Keywords: Murundus; Forest dry; Ants; *Dinoponera*

Introdução

Montes conspícuos de terra modificam paisagens ao redor do mundo (como os *heuweltjies* na África do Sul e mima-montes nos Estados Unidos (Midgley, 2015 Cremer e Barger, 2014). No Domínio da Caatinga, estes montes conhecidos como “murundus”, existem há aproximadamente 4.000 mil anos e ocupam áreas, os campos de murundus, com uma extensão de 230.000 km (Funch, 2015; Sousa e Delabie, 2016; Martin *et al*, 2018). São regularmente espaçados (Souza e Delabie, 2017, Martin, *et al.*, 2018) nunca se sobrepõem (Fuch, 2015) e apresentam altas densidades como 15,6 montes por hecatar(Souza e Delabie 2016; Funch 2015).

Diferentemente dos murundus que ocorrem na savana brasileira, os quais se originaram por infiltração diferencial de água no solo (Rezende *et al.*, 2004, Silva *et al.*, 2010), os murundus da Caatinga são estruturas geradas pela escavação de uma rede de túneis no subsolo, realizadas pelos termitas da espécie *Synternes dirus*. Tais escavações geram cerca de 10 km³ de solo amontoados nas estruturas que possuem até 2,5 metros de altura e nove metros de diâmetro (Martin, *et al.*, 2018). A fim de testar a relação entre murundus e térmitas, Souza e Delabie (2017) demonstraram que os murundus possuem congruência com quatro espécies de cupins: *Cornitermes berquarti*, *C. silvestrii*, *Synternes dirus* e *S. wheeleri*.

Assim como os cupins, as formigas da espécie *Dinoponera quadriceps*, endêmica do semiárido brasileiro e predominante na Caatinga (Paiva e Brandão, 1995; Lenhart, *et al.*, 2013), coexistem de maneira notável com os murundus. Suas colônias apresentam casta reprodutora composta por uma fêmea áptera, de morfologia semelhante as operárias, mas com ovários desenvolvidos e espermateca funcional, denominada *gamergate* (Monnin e Peeters, 1998). Devido à ausência de asas da gamergate, a dispersão das colônias é limitada a curtas distâncias e os ninhos são estabelecidos relativamente próximos ou agregados (Peeters, 1991). Esses ninhos são construídos sob o solo, alcançam até 1,5 metros de profundidade (Paiva e Brandão, 1995) e alteram nutrientes, os quais favorecem o estabelecimento e defesa de plantas (Hölldobler e Wilson, 1990).

Além de construir seus ninhos no solo, as operárias de *D. quadriceps* também podem ocupar ninhos abandonados de outras espécies de formigas (Nascimento *et al.*, 2017). Assim, podemos supor que essa espécie possa beneficiar-se dos túneis escavados pelos termitas nos campos de murundus e aumentar sua frequência de nidificação nesses locais em comparação a outros locais da Caatinga, sem a presença de murundus. Esse aumento tanto pode estar associado à estrutura física das trilhas e montes, quanto à presença de cupins como recurso alimentar das formigas.

Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho foi verificar os efeitos dos campos de murundus da Caatinga na presença e distribuição das colônias de *Dinoponera quadriceps*. Testamos as seguintes hipóteses: (i) A abundância e a densidade de ninhos e a frequência de ocorrência de indivíduos de *D. quadriceps* é maior nos campos de murundus do que em áreas sem a presença de murundus. (ii) Nos campos de murundus, há uma maior frequência de ninhos próximo aos murundus do que longe dessas estruturas biogênicas.

Material e Método

Caracterização da área

Esta pesquisa foi desenvolvida em áreas de Caatinga pertencente à Unidade de Conservação Floresta Nacional de Contendas do Sincorá (FLONA, 13°58'24.9"S 41°06'56.1"W) e em áreas particulares localizadas região de amortecimento da FLONA (13°55'13.6"S 41°07'57.1"W) (Fig. 1). A vegetação da Flona é classificada como Caatinga arbóreo-arbutiva e está em processo de degradação devido à retirada de madeira para a carvoaria ocorrida até o período de 1997, ano de criação da FLONA (Brasil, 2006).

A área total da FLONA tem aproximadamente 11.000 hectares e está situada em uma depressão com pequenas ondulações, entre duas elevações, uma a leste e a outra a oeste (Brasil, 2006). O clima é característico de semiárido, quente, com chuvas escassas no verão. A precipitação anual média de 596 mm e 678,5 mm e período de chuva de novembro a abril e temperatura média anual de 23° a 23,5°C (Brasil, 2006). A porção noroeste da zona de amortecimento, logo após os seus limites, faz parte da unidade de relevo Chapada Diamantina (Brasil, 2006). O solo da região é classificado como Argissolo (Podzólico, vermelho-amarelo) e uma parte classificado como Latossolo (Brasil, 2006).

Procedimentos Experimentais

A fim de determinar a densidade de ninhos de *D. quadriceps*, selecionamos dois campos de murundus e duas áreas sem murundus. Distantes um do outro por no mínimo um quilômetro. Em cada local, selecionamos duas áreas distantes 500 m, nas quais foram instaladas oito parcelas aleatórias, com dimensões de 20 x 20 m e distantes entre si no mínimo 30 metros. No total, foram amostradas 32 parcelas nos campos de murundus e 32 nas áreas sem murundus.

Em todas as parcelas, fizemos uma busca ativa por ninhos de *D. quadriceps* que ao serem encontrados foram registrados e georreferenciados. Nos campos de murundus, além disso, medimos a distância dos ninhos de *D. quadriceps* até o murundu mais próximo com auxílio de uma trena.

A fim de determinar a frequência de ocorrência de indivíduos de *D. quadriceps*, instalamos quatro *pitfalls* com 10 cm diâmetro em todas as parcelas por 48 horas. As formigas foram transferidas para o Laboratório de Mimercologia e Ecologia de Artrópodes (LEAM) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, onde foi realizada a triagem e contagem dos indivíduos.

Para identificar possíveis efeitos de variáveis ambientais na distribuição, abundância e/ou densidade de ninhos de *D. quadriceps*, realizamos algumas medidas de caracterização da vegetação (a) e de propriedades do solo (b): a) em cada parcela, medimos as distâncias dos ninhos até a árvore mais próxima na qual medimos, com auxílio de uma trena, a circunferência do tronco medida à altura do peito para a determinação do diâmetro (DAP). Árvores com mais de um tronco (rebrotos), tiveram todos eles medidos para o cálculo da média. Nas parcelas sem ninhos, realizamos o mesmo procedimento utilizando cinco árvores escolhidas aleatoriamente. b) em cada parcela, retiramos três amostras de solo de 5cm² onde realizamos três medidas de pH, para o cálculo da média, com auxílio do medidor MARCA/ESPECIFICAÇÃO X.

Análise dos dados

Utilizamos o teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney para amostras independentes para testar se existem diferenças entre a densidade de ninhos de *D. quadriceps* nos campos de murundus e áreas sem murundus, e a frequência de ocorrência de indivíduos.

Variáveis não correlacionadas entre si foram utilizadas na análise GLM (modelos lineares generalizados), sendo aplicada a distribuição de Poisson. Utilizamos o vif (Fator de Inflação Variância) para identificar se haviam variáveis correlacionadas entre si. As variáveis que utilizamos nas diferentes combinações de modelos foram o DAP, das árvores, pH do solo, número de murundu, distância dos ninhos até as árvores e distância dos ninhos aos murundus.

Selecionamos os modelos que tiveram os menores valores de critério de informação de Akaike (AIC), tendo sido considerado apenas os modelos com diferença de no máximo 2 unidades entre os valores de AIC ($\Delta AIC < 2$). A porcentagem do *Deviance* foi calculada a fim demonstrar o poder de explicação dos modelos utilizados. Todas as análises foram realizadas no programa R 3.5.0.

Resultados

Densidade de ninhos e ocorrência de indivíduos de *D. quadriceps* em campos de murundus e áreas sem murundus:

O número de ninhos de *D. quadriceps* nos campos de murundus foi maior do que nas áreas sem murundus ($w=212$; $p= 0,00042$ $n=32$). Em média, os campos apresentaram $2.3 (\pm 2,78)$ ninhos por parcela de 400m^2 e uma densidade de $55,4$ ninhos/ ha^{-1} (Fig. 1a). Nas áreas sem murundu, encontramos menos de um ninho por parcela ($0,48 \pm 0.88$) de 400 m^2 e uma densidade $13,2$ ninhos/ ha^{-1} (Fig. 1a). A frequência de ocorrência de indivíduos de *D. quadriceps* foi maior nos campos de murundus que em áreas sem murundus ($w=221$; $p=0,0428$; $n=32$). Em média os campos de murundus apresentam quatro indivíduos/ parcelas e nas áreas sem murundus menos de um indivíduo /parcela (Fig. 1b).

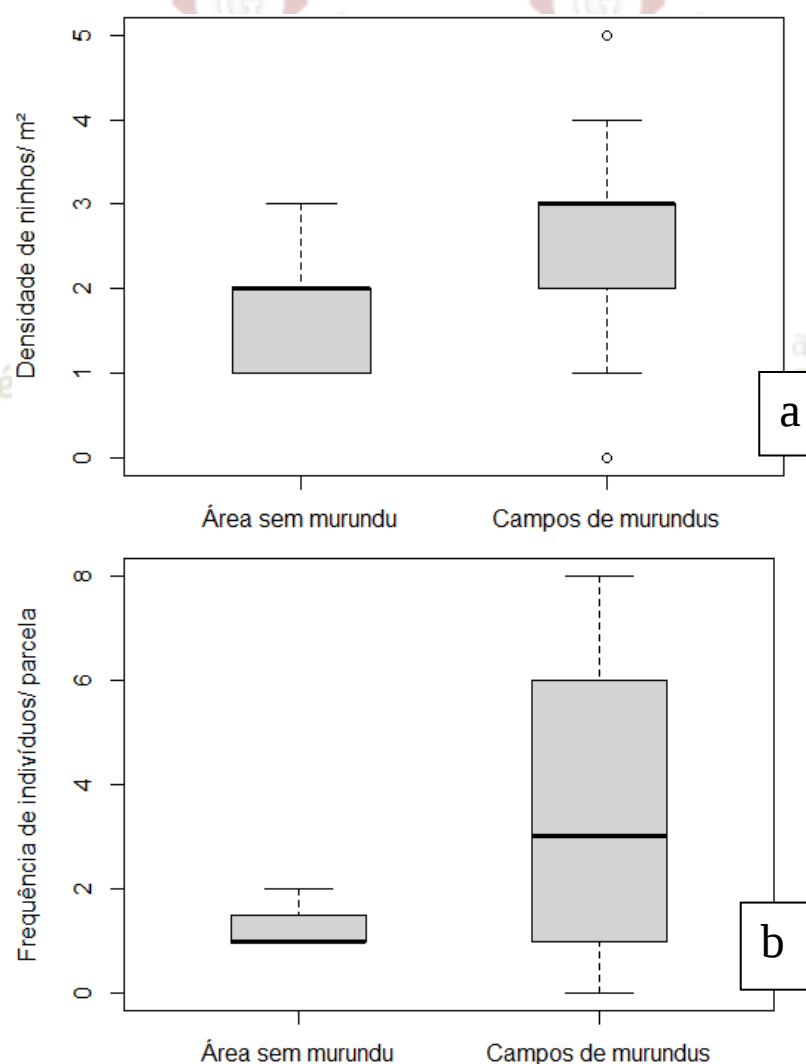


Figura 1: a) Densidade de ninhos de *Dinoponera quadricaps* por parcela de 400m² m em áreas sem murundus e campos de murundus da Caatinga b) Frequência média de ocorrência dos indivíduos de *D. quadricaps* em campos de murundus e áreas sem murundus. Contendas do Sincorá, BA, Brasil. 2018.

Relação da distância murundus-ninhos e variáveis ambientais nos campos de murundus

Dois modelos foram selecionados com $\Delta AIC < 2$, que incluíam cinco das seis das variáveis (Tabela 1) utilizadas na seleção dos modelos. As porcentagens do *Desviance* foram de 23% e 18%, demonstrando haver outras variáveis que contribuem para a densidade de ninhos de *D. quadricaps* em campos de murundus. Houve uma influência negativa da quantidade de murundus e os ninhos de *D. quadricaps* (Tabela 1), indicando que à medida que diminui o número de murundus, aumenta a quantidade de ninhos de *D. quadricaps*.

A distância entre os ninhos de *D. quadricaps* e os murundus influenciou positivamente a quantidade de ninhos, isto é, houve maior quantidade de ninhos longe de murundus. A distância em que mais encontramos ninhos foi entre oito e doze metros do murundu.

Verificamos que a quantidade de ninhos de *D. quadricaps* aumenta à medida que aumenta o pH do solo (Tabela 1), indicando que locais com mais colônias da formiga tendem a possuir um pH mais básico.

A distância entre os ninhos e as árvores próximas a eles, influenciou positivamente na quantidade de ninhos de *D. quadricaps* (Tabela 1), ou seja, a quantidade de ninhos é maior conforme aumenta a distância de árvores.

A quantidade de ninhos foi influenciada positivamente pelo DAP das árvores, ou seja, houve maior quantidade de ninhos em locais com troncos mais finos, i.e. mediana, em torno de 10 cm (Tabela 1).

Tabela 2: Parâmetros das variáveis explicativas dos Modelos Lineares Generalizados (MLGs) sobre a quantidade de ninhos de *D. quadriceps* em campos de murundus da Caatinga, Bahia, Brasil, 2018 (Q.mur = Quantidade de murundu, Dist.mur= Distância do ninho ao murundu, Dist.arv= Distância do ninho à árvore, DAP= Diâmetro à altura do peito, pH= Potencial Hidrogeniônico).

Modelo	Slope ^a (SE)	Valor z	Slope ^a (SE)	Valor z	Slope ^a (SE)	Valor z	Slope ^a (SE)	Valor z	Slope ^a (SE)	Valor z	DE (%) ^b	Modelo AIC ^c
Q.mur+Dist.mur +Dist.arv+DAP	-0,172 (0,178)	-0,969	0,171 (0,727)	2,361	0,007 (0,013)	0,546	-0,048 (0,047)	-1,007	pH -----		23	88,38
Q.mur+Dist.mur +Dist.arv+DAP+ pH	-0,170 (0,180)	-0,943	0,175 (0,084)	2,066	0,006 (0,013)	0,503	-0,049 (0,050)	-0,977	0,057 (0,697)	0,082	18	87,8

Inclinação para variáveis e erro padrão (SE);

b Porcentagem da *deviance explained* para cada modelo (DE (%));

c Critério de Informação de Akaike (AIC);

Discussão

Os campos de murundus são importantes para as formigas *D. quadriceps*. O resultado do estudo demonstra que a quantidade de ninhos da formiga *D. quadriceps* é maior nos campos de murundus, assim como a frequência de ocorrência de indivíduos da formiga *D. quadriceps*. Quando analisamos se as distâncias de ninhos aos murundus e a quantidade de murundus influenciam ou não a quantidade de ninhos, verificamos que uma maior quantidade de ninhos é encontrada em locais com poucos e distantes murundus. A quantidade de ninhos também é maior quanto mais longe das árvores, sendo que árvores próximas aos ninhos apresentam troncos mais finos. A medida que aumentou a quantidade de ninhos por área, houve um aumento do pH do solo.

A densidade de ninhos da formiga *D. quadriceps* para Mata Atlântica é de 15-45 ninhos/ha (Vasconcellos *et al*, 2004), e para a Caatinga não existem registros. Nossos resultados além de revelarem uma alta densidade de ninhos dessa espécie na Caatinga, ainda demonstram uma clara preferência da formiga *D. quadriceps* em construir seus ninhos nos campos de murundus em comparação a áreas do entorno, sem murundus. Essa preferência deve estar relacionada as condições e recursos disponibilizados nessas locais tais como a presença de térmitas no solo, que podem servir de alimentos para as formigas em condições de escassez, já foi observado a presença de cupins em ninhos de *D. quadriceps* sendo toleradas (Dantas-De- Araújo e Jaisson, 1994).

A formiga *D. quadriceps* constrói ninhos profundos para escapar das altas temperaturas e do clima seco (Dantas-De-Araújo e Jaisson, 1994). Assim, os túneis que são escavados pelo cupim *Synternes dirus* podem estar sendo utilizados por *D. quadriceps* para reduzir o tempo de escavação de seus ninhos, pois não raras espécies de formigas utilizam estruturas pré-existentes para esta finalidade (Peeters e Ito, 1991).

Assim sendo, essa associação diminui o tempo de dependência das novas colônias com a colônia-mãe, que naturalmente, perduram por semanas ou meses (Medeiros e Araújo, 2012), tornando a formação dos novos ninhos mais rápida do que em áreas sem murundus onde as formigas precisariam escavar os ninhos desde o princípio. Outro benefício para as formigas *D. quadriceps* na utilização dos tuneis, é a redução do gasto energético investido, como foi proposto por Nascimento *et al* (2017) ao observarem *D.*

quadriceps utilizando ninhos abandonados da formiga cortadeira *Atta sexdens* na Caatinga. Demonstrando que as formigas *D. quadriceps* podem se tornar oportunista em relação ao local de nidificação em ambientes, aderido a lugares que lhes poupem energia.

Contudo, os ninhos de *D. quadriceps* não estão associados com as estruturas murundus de forma direta. Os ninhos se encontram a distancias consideráveis destas estruturas e em locais com menores quantidade de murundus muito próximos, evidenciando que a escolha pelo local de nidificação pode estar relacionada com a compactação do solo uma vez que, quanto mais murundus próximos uns dos outros, maior ser área dos resíduos de solo despejados pelo *Synternes dirus*.

Considerando que os murundus são estruturas com apenas um túnel interno e central (Martin *et al.*, 2018), escavar estes solos despenderiam grande quantidade de energia e tempo por parte das formigas. Os solos dos murundus são altamente compactados, com pouca ou nenhuma vegetação (Carvalho, *et al.*, 2017) o que dificultaria a escavação dos ninhos. Porém, no subsolo da área inter-murundu existem uma grande quantidade de tuneis que são escavados pelo térmita, possibilitando assim, que a compactação permita à *D. quadriceps* formar uma nova colônia sem custos energéticos adicionais.

Por sua vez, Sousa e Delabie (2017) demonstraram que ninhos de *D. quadriceps* não são congruentes com os murundus, uma vez que estes são mais abundantes na parte norte da Caatinga enquanto os murundus são mais abundantes na parte sul. De fato, a ocorrência de *D. quadriceps* está mais associada com a cobertura vegetal, enquanto que os murundus estão mais associados com temperatura anual e precipitação média (Sousa e Delabie, 2017). Porém, onde ocorrem *D. quadriceps* e campos de murundus, a tendência é que as populações sejam mais frequentes onde há aglomerados de murundus.

O pH teve uma influência negativa sobre os ninhos de *D. quadriceps* demonstrando que estes se localizam com mais frequências em lugares com o pH mais básico. Os campos de murundus da Caatinga naturalmente são mais ácidos (Carvalho *et al.*, 2016), contudo, nossos dados sugerem que a concentração de ninhos de *D. quadriceps* podem modificar a qualidade do solo e aumentar a disponibilidade de itens orgânicos devido as diversas câmaras ocupadas por indivíduos, a ciclagem de nutrientes que ocorrem quando o solo é removido e devido as panelas de lixo nas quais são depositadas restos dos

alimentos da colônia como pequenos invertebrados e até mesmo itens de origem vegetal (Araújo, 2006; Leal *et al.*, 2014).

A distância entre os ninhos e as árvores mais próximas não apresentaram relação significativa com a densidade de ninhos de *D. quadricaps*. Contudo, todos os ninhos encontrados estavam estabelecidos próximo a uma árvore, Dantas-de-Araújo e Jaisson (1994) já haviam demonstrado que as *D. quadricaps* que ocorrem na Caatinga, utilizam este recurso para amenizar a temperatura interna dos ninhos. Os ninhos de *D. quadricaps* podem ser encontrados a distâncias expressivas de árvores (e, os resultados deste estudo, sugerem que essas formigas não discriminam a espessura da árvore quando decidem pelo local de nidificação, aja vista, serem encontradas próximas a distintas famílias de arbustos (Dantas-De-Araújo e Jaisson, 1994).

CONCLUSÃO

Esta pesquisa investigou a relação dos murundus da Caatinga com as formigas *Dinoponera quadriceps* de forma inédita. Demonstrando que as estruturas murundus não possuem efeito sobre a densidade de ninhos da *D. quadriceps*, porém, evidenciou que os campos de murundus como localidade possui características que influenciam a densidade de ninhos da formiga. Sugerimos que os campos de murundus e não a estrutura murundus, estejam influenciando a ecologia destas formigas, colaborando com recursos e condições favoráveis ao estabelecimento de ninhos, o que aumenta a quantidade por área. Nosso estudo também demonstra a importância das pesquisas em campos de murundus e o quanto este ambiente ainda é desconhecido, assim como suas implicações ecológicas dentro da comunidade. A constante conversão dos campos de murundus em pastagem, assim como a retiradas destas estruturas e o empobrecimento vegetal da Caatinga, poderá conduzir a uma vulnerabilidade da *D. quadriceps* ou extinção local da espécie, semelhante ao registrado para *D. lucida* no Domínio de Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS

- Antunes, P.D., Henrique, L., Figueiredo, A., Silva, J.F., Kondo, M.K., Augusto, J., Auxiliadora, M., Figueiredo, P., 2012. Caracterização Físico-Química De Micro-Relevo De Montículos “ Murundus ” Na Região De Janaúba No Norte De Minas Gerais 20, 81–85.
- Araujo, C.Z.D. De, France, C., 1990. Le syst & me reproductif sans reine : *Dinoponera* chez une ponérine quadriceps Santschi 22.
- Assis, D.S., Morris, S., Nascimento, F.S., 2017. “Empty spaces ‘where’ we are living for” - First record of *Dinoponera quadriceps* reusing nests of *Atta sexdens*. *Sociobiology* 64, 130–132. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v64i1.1251>
- Brandão, C., Paiva, R., 1995. Nests, worker population, and reproductive status of workers, in the giant queenless ponerine ant *Dinoponera* Roger (Hymenoptera Formicidae). *Ethol. Ecol. Evol.* 7, 297–312.
- Campiolo, S., Rosário, N.A. do, Strenzel, G.M.R., Feitosa, R., Delabie, J.H.C., 2015. Conservação de poneromorfos no Brasil. As formigas Poneromorfos do Bras. 447–462.
- Carvalho, K.S., Carneiro, M.A.F., Nascimento, I.C., Saha, A.K., Bruna, E.M., 2016. Lower ant diversity on earth mounds in a semi-arid ecosystem: Natural variation or a sign of degradation? *Sociobiology* 63, 1022–1030. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i4.1171>
- Cramer, M.D., Barger, N.N., 2014. Are mima-like mounds the consequence of long-term stability of vegetation spatial patterning? *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 409, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.04.026>
- Cramer, M.D., Innes, S.N., Midgley, J.J., 2012. Hard evidence that heuweltjie earth mounds are relictual features produced by differential erosion. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 350–352, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2012.06.030>
- Cramer, M.D., Midgley, J.J., 2015. The distribution and spatial patterning of mima-like mounds in South Africa suggests genesis through vegetation induced aeolian

sediment deposition. J. Arid Environ. 119, 16–26.

<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.03.011>

de Souza, H.J., Delabie, J.H.C., 2016. ‘Murundus’ structures in the semi-arid region of Brazil: testing their geographical congruence with mound-building termites (Blattodea: Termitoidea: Termitidae). Ann. la Soc. Entomol. Fr. 52, 369–385.

<https://doi.org/10.1080/00379271.2017.1281090>

De Souza, H.J., Delabie, J.H.C., 2018. Fine-scale spatial distribution of murundus structures in the semi-arid region of Brazil. Austral Ecol. 43, 268–279.

<https://doi.org/10.1111/aec.12562>

Funch, R.R., 2015. Termite mounds as dominant land forms in semiarid northeastern Brazil. J. Arid Environ. 122, 27–29. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.05.010>

Furley, A.P.A., 2016. Classification and Distribution of Murundus in the Cerrado of Central Brazil Published by : Wiley Stable URL :

<http://www.jstor.org/stable/2844925> Accessed : 27-06-2016 07 : 47 UTC Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Con 13, 265–268.

Leal, L.C., Andersen, A.N., Leal, I.R., 2014. Anthropogenic disturbance reduces seed-dispersal services for myrmecochorous plants in the Brazilian Caatinga. Oecologia 174, 173–181. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2740-6>

Lenhart, P., Dash, S.T., Mackay, W.P., 2013. A revision of the giant Amazonian ants of the genus *Dinoponera* (Hymenoptera, Formicidae). J. Hymenopt. Res. 31, 119–164. <https://doi.org/10.3897/jhr.31.4335>

Martin, S.J., Funch, R.R., Hanson, P.R., Yoo, E.H., 2018. A vast 4,000-year-old spatial pattern of termite mounds. Curr. Biol. 28, R1292–R1293.

<https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.09.061>

Medeiros, J., Araújo, A., 2014. Workers’ Extra-Nest Behavioral Changes During Colony Fission in *Dinoponera quadriceps* (Santschi). Neotrop. Entomol. 43, 115–121. <https://doi.org/10.1007/s13744-013-0193-6>

Monnin, T., Peeters, C., 1998. Monogyny and regulation of worker mating in the queenless ant *Dinoponera quadriceps*. Anim. Behav. 55, 299–306.

<https://doi.org/10.1006/anbe.1997.0601>

Monnin, T., Ratnieks, F.L.W., 1999. Reproduction versus work in queenless ants: When

to join a hierarchy of hopeful reproductives? Behav. Ecol. Sociobiol. 46, 413–422.
<https://doi.org/10.1007/s002650050637>

Monnin, T., Ratnieks, F.L.W., Brandão, C.R.F., 2003. Reproductive conflict in animal societies: Hierarchy length increases with colony size in queenless ponerine ants.

Behav. Ecol. Sociobiol. 54, 71–79. <https://doi.org/10.1007/s00265-003-0600-9>

Oliveira-filho, A.R.Y.T.D.E., 2011. Floodplain ' murundus ' of Central Brazil :

evidence for the termite-origin hypothesis 8, 1–19.

Peeters, C., Ito, F., 2001. Colony dispersal and the evolution of queen morphology in social Hymenoptera. Ann. Rev. Entomol. 46, 601–630.

<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.601>

Peixoto, A.V., Campiolo, S., Hubert, J., Delabie, C., 2016. THREATENED ANT , DINOPONERA LUCIDA EMERY (HYMENOPTERA : FORMICIDAE : PONERINAE), AIMING ITS EFFECTIVE LONG -TERM CONSERVATION.

Silva, L.C.R., Vale, G.D., Haidar, R.F., da Sternberg, L.S.L., 2010. Deciphering earth mound origins in central Brazil. Plant Soil 336, 3–14.

<https://doi.org/10.1007/s11104-010-0329-y>

Sumner, S., Asher, C.L., Hughes, W.O.H., Nascimento, F.S., 2013. Division of labour and risk taking in the dinosaur ant, *Dinoponera quadricaps* (Hymenoptera: Formicidae). Myrmecological News 121–129.

Tillberg, C. V., Edmonds, B., Freauuff, A., Hanisch, P.E., Paris, C., Smith, C.R., Tsutsui,

N.D., 2014. Foraging Ecology of the Tropical Giant Hunting Ant *Dinoponera australis* (Hymenoptera : Formicidae) — Evaluating Mechanisms for High Abundance 46, 229–237.

Considerações gerais e implicações

Este estudo investigou a relação dos murundus da Caatinga com as formigas *Dinoponera quadriceps* de forma inédita. Demonstrando que as estruturas murundus não possuem efeito sobre a densidade de ninhos da *D. quadriceps*, porém, evidenciou que os campos de murundus como localidade possui características que influenciam a densidade de ninhos da formiga. Sugerimos que os campos de murundus e não a estrutura murundus, estejam influenciando a ecologia destas formigas, colaborando com recursos e condições favoráveis ao estabelecimento de ninhos, o que aumenta a quantidade por área. Nosso estudo também demonstra a importância das pesquisas em campos de murundus e o quanto este ambiente ainda é desconhecido, assim como suas implicações ecológicas dentro da comunidade. A constante conversão dos campos de murundus em pastagem, assim como a retiradas destas estruturas e o empobrecimento vegetal da Caatinga, poderá conduzir a uma vulnerabilidade da *D. quadriceps* ou extinção local da espécie, semelhante ao registrado para *D. lucida* no Domínio de Mata Atlântica. Sugerimos mais pesquisas que possam colaborar para o entendimento sobre a i) interação/tolerância das formigas *D. quadriceps* com os térmitas dos campos de murundus; ii) influência dos campos de murundus sobre a estrutura da comunidade em que está inserido e iii) As distâncias em que os ninhos de *D. quadriceps* estão dos murundus, representam a direção para os ninhos dos térmitas construtores dos montes.