



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

AMANDA LOYSE FERREIRA DE AMORIM

**EFEITOS DA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL DA PAISAGEM SOBRE OS
TÉRMITAS DE SOLO EM ECOSSISTEMAS INSERIDOS NA REGIÃO SEMIÁRIDA
DO NORDESTE DO BRASIL**

JOÃO PESSOA - PB

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

AMANDA LOYSE FERREIRA DE AMORIM

**EFEITOS DA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL DA PAISAGEM SOBRE OS
TÉRMITAS DE SOLO EM ECOSISTEMAS INSERIDOS NA REGIÃO SEMIÁRIDA
DO NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Vasconcellos

JOÃO PESSOA – PB

2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A524e Amorim, Amanda Loyse Ferreira de.

Efeitos da complexidade estrutural da paisagem sobre os
térmitas de solo em ecossistemas inseridos na região
semiárida do Nordeste do Brasil / Amanda Loyse Ferreira
de Amorim. - João Pessoa, 2020.

77 f. : il.

Orientação: Alexandre Vasconcellos.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Agroecossistemas. 2. Caatinga. 3. Isoptera. 4.
Produtividade. I. Vasconcellos, Alexandre. II. Título.

UFPB/BC

CDU 631.95(043)

AMANDA LOYSE FERREIRA DE AMORIM

**EFEITOS DA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL DA PAISAGEM SOBRE OS
TÉRMITAS DE SOLO EM ECOSISTEMAS INSERIDOS NA REGIÃO SEMIÁRIDA
DO NORDESTE DO BRASIL**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para obtenção do Grau de Mestre em Ciências
Biológicas, área de concentração Zoologia no Programa de Pós-Graduação em Ciências
Biológicas da Universidade Federal da Paraíba

João Pessoa, 30 de julho de 2020

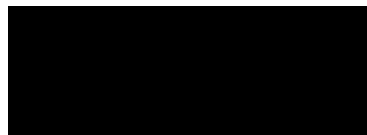
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alexandre Vasconcellos (orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Profa. Dra. Flávia Maria da Silva Moura
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Profa. Dra. Virginia Farias Pereira de Araújo
Universidade Federal do Vale de São Francisco (UNIVASF)

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de Pós-Graduação;

A Alexandre Vasconcellos, por esses anos de orientação e por todo o conhecimento compartilhado com paciência e maestria. Além disso, agradeço a confiança que me foi dada e por ser uma inspiração para mim em sala de aula.

A Helder Araújo, pelo conhecimento compartilhado e todo o apoio logístico nos campos.

Aos professores do PPGCB, por todo o conhecimento compartilhado de forma leve, paciente e enriquecedora.

Ao pessoal do Labtermes, pelo apoio e descontração, tornando os dias de trabalho menos cansativos. Especialmente a Aila, Emanuely e Amanda Cosme, pela disposição em sempre ajudar a tirar minhas dúvidas e por todas as sugestões acerca do trabalho. À Aila pelo auxílio com a estatística, solucionando minhas dúvidas sempre de forma rápida e de boa vontade. À Emanuely agradeço por sempre oferecer ajuda no que fosse preciso, pelas sugestões durante a escrita da dissertação e por me apoiar e me incentivar nos momentos em que estive mais necessitada de um ombro amigo. À Amanda Cosme agradeço pela parceria ao longo de toda a execução do projeto, pelas sugestões durante a escrita da dissertação e pela sua amizade, que me fortaleceu durante todo esse período. Não imaginava que nossa parceria nesse projeto fosse dar tão certo e me sinto sortuda por isso. Você contribuiu para que nossos campos fossem leves e divertidos e também me incentivou nos momentos mais desafiadores dessa caminhada acadêmica.

Aos amigos e colegas que auxiliaram no trabalho de campo: Alisson, Amanda, Cecília André Brito, André Barbosa, Bira, Emanuely, Igor Nascimento, Igor Cauê, Israel, Lucas, Priscilla, Rebeca, Sara e Valbia.

Aos motoristas da UFPB dos nossos campos: Srs. Lucas, Ronaldo, Sérgio e André. Especialmente Lucas, por ter se feito presente na maioria dos campos e por nos “salvar” quando já não tínhamos esperança de transporte para ir e/ou voltar do campo. Além de nosso motorista, se dispôs a nos auxiliar no trabalho pesado do campo e nos proporcionou vários momentos divertidos.

Aos gestores e responsáveis pela RPPN Fazenda Almas, Estação Experimental São João do Cariri e Fazenda São Paulo dos Dantas, por permitirem o desenvolvimento da pesquisa nas reservas: Srs. José de Arimatéia, Roberto Lima, Moraes e Delmiro. Especialmente Roberto, por todo o apoio logístico nos campos e pelos momentos divertidos.

Aos guias/auxiliares de campo, por toda a ajuda principalmente na realização dos monólitos: Srs. Cícero, Lico, Luan, Romero e Ronnie.

A minha família, por todo o apoio, incentivo, confiança e orgulho que sentem por mim. Especialmente meus pais, que sempre proporcionaram o que estavam em seu alcance para o meu sucesso.

Aos meus amigos, pela paciência perante o meu distanciamento e pelos momentos de descontração e apoio durante essa jornada. Especialmente a Milena, por toda a amizade, apoio e incentivo, e a Daniel, pelos momentos de descontração, incentivo e pela disposição em tirar minhas dúvidas com a estatística. A Bira, pelo seu carinho, companheirismo, paciência nos muitos momentos que precisei estar menos presente e por todo o incentivo dado durante esse período. Obrigada por sempre estimular o melhor de mim e me fortalecer sempre que eu precisei.

A Deus, por ter sido minha força nos momentos que pensei que não fosse conseguir.

Aos membros da banca avaliadora, por aceitarem participar e contribuir com esse trabalho.

ÍNDICE

Introdução geral	12
Térmitas: organização e diversidade	12
A relação térmitas-solo	13
Alterações ambientais na Caatinga e impactos na agricultura.....	14
Referências	17

CAPÍTULO 1: TÉRMITAS DE SOLO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CULTIVOS AGRÍCOLAS E VEGETAÇÃO REMANESCENTE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Introdução	25
Material e Métodos	26
Áreas de estudo	26
Inventário faunístico	28
Grupos tróficos	29
Obtenção das variáveis ambientais	29
Análises dos dados	29
Resultados	30
Discussão	35
Considerações finais	38
Referências	40
Apêndices	47

CAPÍTULO 2: DETERMINANTES DA RIQUEZA DE ESPÉCIES, ABUNDÂNCIA E BIOMASSA DE TÉRMITAS DE SOLO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Introdução	52
Material e métodos	53
Áreas de estudo	53
Inventário faunístico	55
Grupos tróficos	56
Variáveis ambientais	56
Análises dos dados	57
Resultados	58
Discussão	64
Considerações finais	68
Referências	69

RESUMO

Embora sejam mais conhecidos pelo seu potencial como praga, os térmitas, também conhecidos como cupins, apresentam apenas cerca de 10% de suas espécies com esse potencial, sendo organismos que na verdade influenciam a estrutura física, composição química e a ciclagem de nutrientes nos solos de ecossistemas tropicais, além de serem sensíveis a alterações no meio em que vivem, representando bons indicadores ambientais. Dessa forma, este estudo identificou a termitofauna do solo associada a cultivos de feijão-caupi e sorgo sacarino e também na vegetação remanescente (VR) de Caatinga, avaliando a influência de fatores ambientais sobre a sua taxocenose, em áreas de Caatinga localizadas no estado da Paraíba e que apresentam diferença na complexidade estrutural de paisagem. As amostras foram coletadas entre os anos 2018 e 2019, seguindo o método proposto pelo Programa de Biologia e Fertilidade do Solo Tropical (TSBF), com modificações. Em cada tratamento (cultivos e VR de cada área), foram extraídos blocos de solo ($20 \times 20 \times 30$ cm), divididos em três camadas: A (0-10 cm), B (10-20 cm) e C (20-30 cm). Dez espécies de térmitas foram encontradas pertencentes à família Termitidae (nove espécies) e Rhinotermitidae (uma espécie). A área de alta complexidade apresentou a maior abundância de térmitas, inclusive de consumidores de solo (grupo que pode ser um indicador ambiental), tanto nos cultivos, quanto na VR. Considerando apenas os cultivos, essa área também apresentou a maior riqueza de espécies e ao considerar apenas a VR, ela compartilhou a mesma riqueza com a área de complexidade intermediária. Em relação à área de baixa complexidade, ocorreu uma baixa riqueza de espécies tanto nos cultivos, quanto na VR. A maioria das espécies encontradas nos cultivos da área de alta complexidade não tem o potencial como praga, pois atua nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, o que pode contribuir para o aumento da produtividade do sistema agrícola. A riqueza de espécies, abundância e biomassa não diferiram significativamente entre os três estratos do solo, considerando todos os tipos de tratamento das áreas. Em relação apenas à VR das áreas, a capacidade de troca catiônica foi uma preditora significativa para a riqueza de espécies, o que pode refletir um impacto positivo dos térmitas nas propriedades químicas do solo. Dessa forma, nossos resultados ressaltam a importância que esses insetos podem exercer nos ecossistemas semiáridos, reforçam a importância da manutenção de áreas naturais circundantes ao cultivo e podem dar suporte a estudos na Caatinga que visem um desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Agroecossistemas; Caatinga; Isoptera; Produtividade.

ABSTRACT

Although they are best known for their potential as a pest, termites have only about 10% of their species with this potential, being organisms that influence the physical structure, chemical composition and nutrient cycling in soils tropical ecosystems, in addition to being sensitive to changes in the environment in which they live, representing good environmental indicators. Thus, this study identified the assemblages of soil termites associated with cowpea and sweet sorghum crops and also in the remaining vegetation (VR) of Caatinga, evaluating the influence of environmental factors on its assemblages, in areas of Caatinga located in the state of Paraíba and that present a difference in the structural complexity of the landscape. The samples were collected between the years 2018 and 2019, following the method proposed by the Tropical Soil Biology and Fertility Program (TSBF), with modifications. In each treatment (crops and VR in each area), blocks of soil ($20 \times 20 \times 30$ cm) were extracted, divided into three layers: A (0-10 cm), B (10-20 cm) and C (20 -30 cm). Ten species of termites were found belonging to the family Termitidae (nine species) and Rhinotermitidae (one species). The highly complex area showed the greatest abundance of termites, including soil feeders (a group that can be an environmental indicator), both in crops and in VR. Considering only the crops, this area also presented the greatest species richness and when considering only the VR, it shared the same richness with the area of intermediate complexity. In relation to the low complexity area, there was a low species richness both in the crops and in the VR. Most of the species found in crops in the high complexity area do not have the potential as a pest, as they act in the processes of decomposition and nutrient cycling, which can contribute to increasing the productivity of the agricultural system. Species richness, abundance and biomass did not differ significantly between the three soil strata, considering all types of treatment of the areas. Regarding only the VR of the areas, the cation exchange capacity was a significant predictor for species richness, which may reflect a positive impact of termites on the chemical properties of the soil. Thus, our results highlight the importance that these insects can exercise in semiarid ecosystems, reinforce the importance of maintaining natural areas surrounding cultivation and can support studies in the Caatinga that aim at sustainable development.

Keywords: Agroecosystems; Caatinga; Isoptera; Productivity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 – Distribuição espacial da precipitação média anual na Caatinga (A), com destaque em azul da região do Cariri Paraibano, na Paraíba, área de amostragem do presente estudo. Os pontos pretos representam as fazendas onde o estudo foi realizado. A complexidade estrutural das paisagens (B) varia dentro da área de estudo: (1) Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas (ALM) representa a paisagem de alta complexidade e (2) Estação Experimental de São João do Cariri (SJC) representa a paisagem com baixa complexidade. (Fonte dos limites territoriais: IBGE, 2015; Fonte dos dados de precipitação: FICK & HIJMANS, 2017). Mapa elaborado por Célia Machado, integrante da equipe executora do projeto..... 24

Figura 2 - Diagrama de Venn mostrando o compartilhamento de espécies de térmitas entre os cultivos de feijão e sorgo e vegetação remanescente (VR), de duas áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga), Paraíba, Brasil. Estação Experimental São João do Cariri - SJC (A); Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas - ALM (B) 31

Figura 3 - Riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas por grupo alimentar (GA2) entre as camadas de solo (A, B e C), em dois cultivos e vegetação remanescente (VR) de duas áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga), Paraíba, Brasil. Estação Experimental São João do Cariri - SJC (A); Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas - ALM (B) 31

Apêndice B: Variação da riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas entre os estratos do solo (A, B e C), em uma área de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga) – Estação Experimental de São João do Cariri (SJC), Paraíba, Brasil 47

Apêndice C: Variação da riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas entre os estratos do solo (A, B e C), em uma área de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga) – Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas (ALM), Paraíba, Brasil 47

CAPÍTULO 2

Figura 1 – Distribuição espacial da precipitação média anual na Caatinga (A), com destaque em azul da região do Cariri Paraibano, na Paraíba, área de amostragem do presente estudo. Os pontos pretos representam as fazendas onde o estudo foi realizado. A complexidade estrutural das paisagens (B) varia dentro da área de estudo: (1) Fazenda São Paulo dos Dantas (FSP) representa a paisagem com complexidade intermediária; (2) Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas (ALM) representa a paisagem com alta complexidade; (3) Estação Experimental de São João do Cariri (SJC) representa a paisagem com baixa complexidade. (C) Cobertura e uso da terra encontrados nas três paisagens (Fonte dos limites territoriais: IBGE, 2015; Fonte dos dados de precipitação: FICK & HIJMANS, 2017). Mapa elaborado por Célia Machado, integrante da equipe executora do projeto..... 51

Figura 2 – Riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas por grupo alimentar (GA2) entre as camadas de solo, em três áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga) – Paraíba, Brasil. Estação Experimental São João do Cariri - SJC (A); Fazenda São Paulo dos Dantas - FSP (B); Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas - ALM (C) 57

Figura 3 - Variação da riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas entre os grupos alimentares (GA2), em três áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga) – Paraíba, Brasil: Estação Experimental São João do Cariri, Fazenda São Paulo dos Dantas e Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas. Letras diferentes (a, b) indicam que os grupos alimentares variam significativamente com base nos resultados de ANOVA two-way e teste de Tukey..... 57

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Abundância (indivíduos.m⁻²) de térmitas em duas áreas (Estação Experimental São João do Cariri - SJC; Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas - ALM) de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga), Paraíba, Brasil. VR: Vegetação remanescente; Cam: Camadas do solo; GA1 – Grupo alimentar 1; GA2 – Grupo alimentar 2 (de acordo com a classificação de Donovan et al., 2001) 29

Tabela 2 - Biomassa (g.m⁻²) de térmitas em duas áreas (Estação Experimental São João do Cariri - SJC; Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas - ALM) de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga), Paraíba, Brasil. VR: Vegetação remanescente; Cam: Camadas do solo; GA1 – Grupo alimentar 1; GA2 – Grupo alimentar 2 (de acordo com a classificação de Donovan et al., 2001) 30

Apêndice A - Resultado do modelo linear generalizado (distribuição quasipoisson e função de ligação log) para relacionar as variáveis dependentes com as preditoras do solo, em duas áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga), Paraíba, Brasil. SJC: Estação Experimental de São João do Cariri; ALM: Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas; M.O: matéria orgânica; Trat.: tratamento; VR: vegetação remanescente..... 45

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Abundância (indivíduos.m⁻²) e biomassa (peso fresco g.m⁻²) de térmitas em três áreas (Estação Experimental São João do Cariri - SJC; Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas - ALM; Fazenda São Paulo dos Dantas - FSP) de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga), Paraíba, Brasil. Cam: Camadas do solo; GA1 – Grupo alimentar 1; GA2 – Grupo alimentar 2 (de acordo com a classificação de Donovan et al., 2001) 56

Tabela 2 - Resultados dos modelos testados das variáveis dependentes com as preditoras do solo e da vegetação, em três áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga) – Paraíba, Brasil: Estação Experimental São João do Cariri, Fazenda São Paulo dos Dantas e Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas. CTC: Capacidade de Troca Catiônica; Biom.: Biomassa

Biomassa vegetal seca; Abund. veg.: Abundância vegetal; Ca: Cálcio; Ar.b.: Área Basal
Vegetal..... 59

INTRODUÇÃO GERAL

Térmitas: organização e diversidade

Os térmitas são insetos eussociais pertencentes à ordem Blattaria, infraordem Isoptera (KRISHNA et al., 2013). Aproximadamente 3.000 espécies viventes de térmitas já foram descritas no mundo (CONSTANTINO, 2020). Destas, cerca de 607 foram registradas na região Neotropical, a terceira maior em número de espécies, ficando atrás das regiões Oriental (1.154 espécies) e Etiópica (756 espécies) (CONSTANTINO, 2020). Há nove famílias viventes, das quais quatro ocorrem no Brasil: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae, essa última apresentando a maioria das espécies (CONSTANTINO, 1999, 2020).

Entre as principais características que conferem a eussocialidade aos térmitas estão: sobreposição de gerações; o cuidado cooperativo aos jovens e a divisão de trabalho de acordo com as castas (WILSON & HÖLLDOBLER, 2005). Esses insetos vivem em colônias formadas por inúmeros indivíduos, podendo possuir até milhões deles (BANDEIRA & VASCONCELLOS, 2004). A participação de vários estágios imaturos, frequentemente sujeitos a uma transformação posterior por muda, torna o sistema de castas de térmitas muito complexo (ROISIN, 2000). Uma colônia típica desses insetos apresenta a casta estéril, representada por operários e soldados, com os operários sendo responsáveis pela maioria das atividades desenvolvidas na colônia, a exemplo da alimentação das outras castas e os soldados (exceto em Apicotermittinae neotropicais), que atuam principalmente na defesa da colônia; e a casta fértil, representada pelos alados, responsáveis pela dispersão e acasalamento, e que posteriormente, se tornam rei e rainha, cuja função é a produção de ovos (KRISHNA, 1969; EGGLETON, 2000).

A dispersão e fundação de novas colônias geralmente ocorre em um período do ano que coincide com o início da estação chuvosa, período onde ocorrem as revoadas de alados, dos quais poucos conseguem acasalar e fundar uma nova colônia (CONSTANTINO, 1999). A rainha é o ponto central da colônia e os operários estéreis constroem o sistema de ninho em torno da rainha e forrageiam por distâncias de até mais de 50m, dependendo da espécie e tamanho da colônia (WOOD, 1988).

A construção de ninhos é uma característica frequente entre os insetos eussociais e, nos térmitas, ela se distingue pela arquitetura complexa e grandes dimensões (mais de 1.000 m³ em

alguns *Macrotermes*) (NOIROT & DARLINGTON, 2000). Esses ninhos podem ser classificados em ninhos arborícolas (construídos no tronco ou em um ramo de árvore e geralmente estão conectados ao solo por galerias), hipógeos (construídos completamente abaixo do nível do solo), e ninhos epígeos (construídos inicialmente de forma subterrânea e posteriormente se sobressaem na superfície do solo) (NOIROT, 1970).

A presença de térmitas subterrâneos pode passar despercebida, exceto quando as condições ambientais são adequadas para a atividade superficial, com a construção de galerias de forrageamento em torno dos materiais que são colhidos ou consumidos no local, os quais costumam ser o único indicador da atividade desses animais (WHITFORD, 1991).

Os térmitas são conhecidos pelo seu status de praga e, conseqüentemente, a maioria das pesquisas em agroecossistemas tem se concentrado nos danos que esses insetos causam e no seu manejo, embora apenas cerca de 10% das espécies sejam consideradas como tal (BLACK & OKWAKOL, 1997; LIMA & COSTA-LEONARDO, 2007). Embora seja difícil determinar quando uma espécie pode ser considerada praga, principalmente nos sistemas agrícolas, alguns gêneros de térmitas são reportados com maior potencial praga nesses sistemas, como *Heterotermes*, *Nasutitermes*, *Cornitermes*, *Procornitermes* e *Syntermes*, com maior impacto em culturas de cana-de-açúcar, arroz e eucalipto (CONSTANTINO, 2002). Apesar desse potencial como pragas, os térmitas exercem um importante papel nos processos ecossistêmicos, atuando por exemplo, na decomposição e ciclagem de nutrientes (HOLT & COVENTRY, 1990; BIGNELL & EGGLETON, 2000; BANDEIRA & VASCONCELLOS, 2002).

A relação térmitas-solo

Os térmitas ocupam a posição de consumidores primários ou decompositores (herbívoros e detritívoros) nos ecossistemas naturais, onde atuam na ciclagem de nutrientes, como N, P, K, S, Ca, Na e C, com maior influência nos ciclos do C e do N, por meio da trituração, decomposição, humificação e mineralização de recursos celulósicos (LEE & WOOD, 1971; HOLT & LEPAGE, 2000; COSTA-LEONARDO, 2002). Geralmente, as pessoas pressupõem que todos os térmitas são consumidores de madeira (xilófagos), porém uma grande diversidade de material orgânico, pode servir de alimento para esses insetos, incluindo madeira (viva ou morta), gramíneas, plantas herbáceas, serapilheira, fungos, ninhos construídos por outras espécies de térmitas, excrementos e carcaças de animais, líquens e até mesmo material orgânico presente no solo (LEE & WOOD, 1971; WOOD, 1978; NOIROT, 1992; SLEAFORD et al., 1996; DONOVAN et al., 2001).

A ação dos térmitas de misturar e deslocar o material orgânico e mineral do solo, da superfície e do subsolo (bioturbação), afeta significativamente a redistribuição da matéria orgânica do solo e a criação de bioporos, o que melhora a atividade microbiana com consequente decomposição da matéria orgânica e liberação de nutrientes devido ao aumento da infiltração de água e da aeração do solo (PILLANS et al., 2002; SILVA & MENDONÇA, 2007; WILKINSON et al., 2009). Eles também criam canais no solo e influenciam a agregação desse ambiente, misturando matéria orgânica com partículas do solo e, assim, modificam suas propriedades físicas (JOUQUET et al., 2002). Os térmitas podem formar microagregados estáveis misturando partículas do solo com saliva para construções de ninhos ou, no caso dos que se alimentam do solo, excretando pelotas fecais que são enriquecidas com matéria orgânica (JUNGERIUS et al., 1999). Como resultado dessa importância, a presença desses organismos, considerados bioturbantes, se correlaciona com a produção, a saúde e a fertilidade desses ambientes (WILKINSON et al., 2009).

Em regiões tropicais, a uniformidade dos perfis de solos, por exemplo, nos latossolos, é muitas vezes atribuída ao revolvimento do solo, com mistura de materiais de diferentes horizontes, o que tende a atenuar as características resultantes de processos pedogenéticos, como a lessivagem (translocação vertical de argila no perfil do solo) (DEMATTE et al., 1992; BUOL et al., 2003). Estima-se que, em um período de 1000 anos, 37 cm do subsolo poderiam ser translocados para a superfície pelos térmitas (HOLT & LEPAGE, 2000).

Alterações ambientais na Caatinga e impactos na agricultura

Nos Neotrópicos, as Florestas Tropicais Sazonalmente Secas, ou SDTF (sigla em inglês), ocorrem onde a precipitação anual é inferior a 1600 mm e concentrada em poucos meses, com um registro de chuva menor que 100 mm em cerca de 5 a 6 meses do ano (GRAHAM & DILCHER, 1995). O Chaco, a Caatinga e o Cerrado representam os três principais biomas sazonalmente secos da América do Sul e são um foco crescente de atenção devido ao seu status muito ameaçado e a flora e ecologia pouco estudadas (OLIVEIRA-FILHO et al., 2006; DE QUEIROZ et al., 2017).

A Caatinga pode ser caracterizada como uma floresta baixa composta principalmente de pequenas árvores e arbustos, com troncos retorcidos e com espinhos, folhas pequenas e decíduas na estação seca, e constitui o maior e mais isolado núcleo do SDTF, apresentando a biota mais diversa e divergente de qualquer outro núcleo do SDTF (QUEIROZ, 2006). Apesar disso, o desmatamento, extrativismo, agricultura, pecuária, mineração e construção de

barragens estão entre as principais atividades que causam danos à Caatinga e, com o desmatamento, as práticas inadequadas de cultivo levam à perda de biodiversidade (KIILL et al., 2007).

A agricultura intensiva, que deixa o solo desprotegido e sujeito à erosão, e o uso inadequado da irrigação somados ao uso de agrotóxicos, tem provocado a salinização dos solos e a contaminação destes e das fontes de água (KILL et al., 2007). Como consequência dessas profundas alterações pelas quais vem passando, a Caatinga apresenta grandes extensões onde a desertificação já se encontra instalada, existindo uma relação estreita entre este tipo de degradação, a vegetação e os solos (CCD, 1995). O seu desenvolvimento é iniciado com as modificações que venham a diminuir a presença da cobertura vegetal por períodos prolongados, aumentando os processos erosivos e deteriorando as propriedades físicas, químicas, biológicas e econômicas do solo (CCD, 1995).

No Estado da Paraíba, dos 223 municípios existentes, 208 são considerados susceptíveis a desertificação (46.004 km²), onde se destaca a região dos Cariris Velhos (também conhecida como Cariri Paraibano ou Cariri), em virtude da rarefação ou ausência completa de cobertura vegetal (BRASIL, 2004; SOUZA et al., 2011). Essa região é de extrema importância para a Caatinga, devido ao seu alto grau de pressão antrópica e significativa riqueza de espécies (GIULIETTI et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2009).

A substituição de habitats naturais por áreas agrícolas é considerada uma das principais ameaças à biodiversidade global (TSCHARNTKE et al., 2005; NEWBOLD et al., 2015), levando à perda de espécies e composição de espécies alterada devido a condições abióticas modificadas (MACK et al., 2000). Nas últimas décadas, tem sido crescente a busca por sistemas de manejo do solo mais adequados e sustentáveis às condições edafoclimáticas, visto que a comunidade de macrofauna de solo, na qual os térmitas estão inseridos, é muito sensível ao manejo (LAVELLE et al., 1992; ALVES et al., 2006). O tipo de preparo e cultivo do solo associado à rotação de culturas pode alterar as características biológicas do solo, promovendo modificações nas populações de organismos que habitam esse ambiente (BALOTA et al., 1998).

Vários estudos destacam o efeito das práticas agrícolas e do manejo do solo sobre sua biota (PERDUE & CROSSLEY Jr., 1989; HEISLER & KAISER, 1995; WARDLE et al., 1995; BARETTA et al., 2003; BROWN et al., 2003). Dependendo do tipo de sistema e ambiente proporcionado, as reações dos diferentes grupos de organismos podem ser negativas, positivas ou neutras, influenciando no aumento de pragas ou de predadores (ALVES et al., 2006). Em

geral, as comunidades de invertebrados parecem ser melhor conservadas quando o sistema derivado possui uma estrutura semelhante a do sistema original, como pastagens em áreas de savana e sistemas baseados em árvores em áreas de floresta (DECAENS et al., 1994; FRAGOSO et al., 1997; BARROS, 1999).

Em relação aos térmitas, atividades como caça, extração seletiva, conversão para plantação de árvores, agricultura de subsistência ou agrossilvicultura de pequena escala produzem efeitos menos diretos na sua abundância e biomassa, mas pode haver uma rotatividade de espécies com tendência para que os consumidores de madeira substituam os consumidores de solo (humívoros) (BIGNELL & EGGLETON, 2000). As trocas de grupos alimentares são provavelmente devidas principalmente a alterações na cobertura do dossel das árvores, com efeitos concomitantes na umidade do solo, no C orgânico e no N total no solo, que podem ser reduzidos ao longo dos gradientes de perturbação (EGGLETON et al., 1996).

Um dos maiores desafios para a agricultura é aumentar seu rendimento e produção de alimentos, protegendo a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos (THIAW et al., 2011; FOLEY et al., 2011; BRANDO et al., 2013). Os sistemas agrícolas são extremamente dependentes dos serviços ecossistêmicos (ZHANG et al., 2007) e a diversidade da fauna edáfica tem sido considerada um aspecto chave para a manutenção da estrutura e fertilidade dos solos tropicais (LAVELLE et al., 1992; BROWN et al., 2003). Essa fauna apresenta uma resposta aparentemente mais rápida às alterações ecológicas nos agroecossistemas e podem atuar como indicadores biológicos (BARETTA et al., 2003).

Sendo assim, este estudo objetivou identificar a termitofauna do solo associada a remanescentes de Caatinga, assim como aos cultivos de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* Linn (Moench)) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e avaliar a influência de fatores ambientais nessa taxocenose, em paisagens com complexidade de estrutura diferentes, no semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. V.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil fauna under different management systems in São Paulo State, Brazil. **Revista de Ciencias Agroveterinarias**, v. 5, n. 1, p. 33-43, 2006.
- ANDERSON, J. M. Functional attributes of biodiversity in land use systems. In: D.J. Greenland and I. Szablocs (Editors). **Soil Resilience and Sustainable Land Use**. CAB International, Wallingford, p. 267-290, 1994.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1998.
- BANDEIRA, A. G. & VASCONCELLOS, A. A quantitative survey of termites in a gradient of disturbed highland forest in northeastern Brazil (Isoptera). **Sociobiology**, v. 39, n. 3, p. 429-440, 2002.
- BANDEIRA, A. G. & VASCONCELLOS, A. Efeitos de perturbações antrópicas sobre as populações de térmitas (Isoptera) do Brejo dos Cavalos, Pernambuco. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (Org.). **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: História Natural, Ecologia e Conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, p. 145-152, 2004.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; MAFRA, Á. L.; DO PRADO WILDNER, L.; MIQUELLUTI, D. J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 2, n. 2, p. 97-106, 2003.
- BARROS, M. E. Effet de la macrofaune sur la structure et les processus physiques du sol de paturages dégradés d'Amazonie. **Paris: University of Paris**, 1999.
- BIGNELL, D. E. & EGGLETON, P. Termites in ecosystems. In: ABE, T.; HIGASHI, M.; BIGNELL, D. E. (Orgs.) **Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis, Ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publications, p. 363-387, 2000.

BLACK, H. I. J. & OKWACOL, M. J. N. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: The role of termites. **Appl. Soil Ecol**, v. 6, p. 37-53, 1997.

BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca/ PAN-Brasil**. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, p. 214, 2004.

BRANDO, P. M.; COE, M. T.; DEFRIES, R.; AZEVEDO, A. A. Ecology, economy and management of an agroindustrial frontier landscape in the southeast Amazon. **Phil Trans R Soc B**, v. 368, 2013.

BROWN, G. G.; BENITO, N. P.; PASINI, A.; SAUTTER, K. D.; DE F GUIMARÃES, M.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil: The 7th international symposium on earthworm ecology· Cardiff· Wales· 2002. **Pedobiologia**, v. 47, n. 5-6, p. 764-771, 2003.

BUOL, S. W.; SOUTHARD, R. J.; GRAHAM, R. C.; MC DANIEL, P. A. **Soil genesis and classification**. John Wiley & Sons, p. 494, 2011.

CCD. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa (PT): Instituto de Promoção Ambiental, p. 55, 1995.

CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de Cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papéis avulsos de Zoologia**, v. 40, n. 25, p. 387-448, 1999.

CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. **Journal of Applied Entomology**, v. 126, n. 7-8, p. 355-365, 2002.

CONSTANTINO, R. **Termite database**. Disponível em: < <http://164.41.140.9/catal/> >. Acesso em: 25 jun 2020.

COSTA-LEONARDO, A. M. **Cupins-praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro-SP: Divisa, p.128, 2002.

DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; JIMENEZ, J. J.; ESCOBAR, G.; RIPPSTEIN, G. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. **European Journal of Soil Biology**, v. 30, n. 4, p. 157-168, 1994.

DEMATTE, J. L. I.; VIDAL-TORRADO, P.; SPAROVEK, G. Influência da drenagem na morfogênese de solos desenvolvidos de rochas básicas no município de Piracicaba (SP). **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 16, n. 2, p. 241-247, 1992.

DE QUEIROZ, L. P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M. F.; MORO, M. F. Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga Domain. In: **Caatinga**. Springer, Cham, p. 23-63, 2017.

DONOVAN, S. E.; EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E. Gut content analysis and a new feeding group classification of termites. **Ecol. Entomol**, v. 26, n. 4, p. 356-366, 2001.

EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E.; SANDS, W. A.; MAWDSLEY, N. A.; LAWTON, J. H.; WOOD, T. G.; BIGNELL, N. C. The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 351, n. 1335, p. 51-68, 1996.

EGGLETON, P. An introduction to termites: biology, taxonomy and functional morphology. In: **Biology of termites: a modern synthesis**. Springer, Dordrecht, p. 1-26, 2000.

FRAGOSO, C.; BROWN, G. G.; PATRON, J. C.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; ... KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. **Applied soil ecology**, v. 6, n. 1, p. 17-35, 1997.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M. ... & BALZER, C. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337-342, 2011.

GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; ... HARLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**, 2004.

GRAHAM, A. & DILCHER, D. The Cenozoic record of tropical dry forest in northern Latin America and the southern United States. In: MOONEY, H. A.; BULLOCK, S. H.; MEDINA, E. (Eds). **Seasonally Dry Tropical Forests.**, Cambridge University Press, Cambridge, p. 124, 1995.

HEISLER, C. & KAISER, E. A. Influence of agricultural traffic and crop management on Collembola and microbial biomass in arable soil. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v.19, p.159-165, 1995.

HOLT, J. A. & COVENTRY, R. J. Nutrient cycling in Australian savannas. **Journal of Biogeography**, v, 17, p. 427-432, 1990.

HOLT, J. A. & LEPAGE, M. Termites and Soil Properties. In: ABE, T.; HIGASHI, M.; BIGNELL, D. E. (Orgs.) **Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis, Ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publications, p. 389–407, 2000.

JOUQUET, P.; MAMOU, L.; LEPAGE, M.; VELDE, B. Effect of termites on clay minerals, in tropical soils: fungus-growing termites as weathering agents. **European Journal of Soil Science**, v. 53, n. 4, p. 521–527, 2002.

JUNGERIUS, P. D.; VAN DEN ANCKER, J. A. M.; MÜCHER, H. J. The contribution of termites to the microgranular structure of soils on the Uasin Gishu Plateau, Kenya. **Catena**, v. 34, n. 3-4, p. 349-363, 1999.

KIILL, L. H. P.; DRUMOND, M.; LIMA, P.; ALBUQUERQUE, S. G.; OLIVEIRA, V. R. Preservação e uso da Caatinga. **Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E)**, 2007.

KRISHNA, K. Introduction. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. (Eds.). **Biology of termites**. New York: Academic, v. 1, p. 1-17, 1969.

KRISHNA, K.; GRIMALDI, D. A.; KRISHNA, V.; ENGEL, M. S. Treatise on the Isoptera of the world. **B. Am. Mus. Nat. Hist.**, v. 377, p. 1-2704, 2013.

LAVELLE, P.; SPAIN, A.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SCHAESFER, R. The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. Myths and Science of Soil of the Tropics. Special publication No. 29. Washington, DC USA. In: **Soil Science Society of America**. 1992.

LEE, K. E. & WOOD, T. **Termites and soils**. London and New York: Academic Press, p. 251, 1971.

LEE, K. E. The soil biota: a key factor in the maintenance of sustainable production in the tropical soil ecosystem. In: Trans. 14th Int. Congr. **Soil Sci.** p. 306-311, 1990.

LIMA, J. T. & COSTA-LEONARDO, A. M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, 2007.

MACK, R. N.; SIMBERLOFF, D.; MARK LONSDALE, W.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F. A. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. **Ecological applications**, v. 10, n. 3, p. 689-710, 2000.

NEWBOLD, T.; HUDSON, L. N.; HILL, S. L.; CONTU, S.; LYSENKO, I.; SENIOR, R. A.; ... & DAY, J. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. **Nature**, v. 520, n. 7545, p. 45-50, 2015.

NOIROT, C. The nests of termites. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F. M. (Orgs.). **Biology of Termites**. v. 2. New York and London: Academic Press, p. 73-125, 1970.

NOIROT, C. From wood- to humus-feeding: an important trend in termite evolution. In: **Biology and evolution of social insects** (J. Billen, ed.). University of Leuven Press, Leuven, p.107-119, 1992.

NOIROT, C. & DARLINGTON, J. P. Termite nests: architecture, regulation and defence. In: **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**. Springer, Dordrecht, p. 121-139, 2000.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; JARENKOV, J. A.; RODAL, M. J. N. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution pattern. In: PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. **Neotropical savannas and seasonally dry forests**. Boca Raton (EUA): CRC Press, p. 159-190, 2006.

OLIVEIRA, P. T. B.; TROVAO, D. M. B. M.; CARVALHO, E. C. D.; SOUZA, B. C.; FERREIRA, L. M. R. Florística e fitossociologia de quatro remanescentes vegetacionais em áreas de serra no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 169-178, 2009.

PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G.; RATTER, J. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of neotropical savannas and seasonally dry forests. PENNINGTON, R. T, G. LEWIS, J. RATTER (Eds). **Neotropical Savannas and the seasonally dry forests**. Taylor and Francis Group. Boca Raton, p. 1-29, 2006.

PERDUE, J. C. & CROSSLEY Jr. D. A. Seasonal abundance of soil mites (Acari) in experimental agroecosystems: effects of drought in no-tillage and conventional tillage. **Soil & Tillage Research**, Ames, v. 15. p.117-124, 1989.

PILLANS, B.; SPOONER, N.; CHAPPELL, J. The dynamics of soils in north Queensland: rates of mixing by termites determined by single grain luminescence dating. **Regolith and landscapes in eastern Australia**. (Ed. IC Roach) pp, p. 100-101, 2002.

QUEIROZ, L. P. The Brazilian Caatinga: phytogeographical patterns inferred from distribution data of the Leguminosae. In: **Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests**. CRC Press, p. 121-157, 2006.

ROISIN, Y. Diversity and evolution of caste patterns. In: **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**. Springer, Dordrecht, p. 95-119, 2000.

SILVA, I. R & MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS. p.275-374, 2007.

SLEAFORD, F.; BIGNELL, D. E.; EGGLETON, P. A pilot analysis of gut contents in termites from the Mbalmayo Forest Reserve, Cameroon. **Ecol. Entomol**, v. 21, n. 3, p. 279-288, 1996.

SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. Evolução da desertificação no Cariri paraibano a partir da análise das modificações na vegetação. Rio Claro (SP): **Geografia**, v. 36, n. 1, p. 193-205, 2011.

THIAW, I.; KUMAR, P.; YASHIRO, M.; MOLINERO, C. Food and ecological security: identifying synergy and trade-offs. **UNEP Policy Series**, p. 1-12, 2011.

TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A. M.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity–ecosystem service management. **Ecology letters**, v. 8, n. 8, p. 857-874, 2005.

WARDLE, D. A.; YEATS, G. M.; WATSON, R. N. Nicholson, K. S. The detritus food-web and diversity of soil fauna as indicators of disturbance regimes in agroecosystems. **Plant and Soil**, Crawley, v. 170, p. 35- 43, 1995.

WHITFORD, Walter G. Subterranean termites and long-term productivity of desert rangelands. **Sociobiology**, v. 19, n. 1, p. 235-244, 1991.

WILSON, E. O. & HÖLLDOBLER, B. Eusociality: origin and consequences. **PNAS**, v. 102, n. 38, p. 13367-13371, 2005.

WILKINSON, M. T.; RICHARDS, P. J.; HUMPHREYS, G. S. Breaking ground: pedological, geological, and ecological implications of soil bioturbation. **Earth-Sci. Rev.**, v. 97, p. 257–272, 2009.

WOOD, T. G. Food and feeding habits of termites. In **Production ecology of ants and termites** (M.V. Brian, ed.). Cambridge University Press, Cambridge, p.55-80, 1978.

WOOD, T. G. Termites and the soil environment. *Biol. Fertil. Soils.*, v. 6, p. 228-236, 1988.

ZHANG, W.; RICKETTS, T. H.; KREMEN, C.; CARNEY, K.; SWINTON, S. M. Ecosystem services and dis-services to agriculture. **Ecological economics**, v. 64, n. 2, p. 253-260, 2007.

CAPÍTULO I

TÉRMITAS DE SOLO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CULTIVOS AGRÍCOLAS E VEGETAÇÃO REMANESCENTE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

RESUMO

Os térmitas são organismos altamente abundantes em habitats tropicais, desde as copas das árvores até o subsolo, sendo um importante grupo da fauna edáfica. No entanto, assim como outros organismos dessa fauna, recebem pouca atenção quando ocorre a utilização do solo visando maior produtividade agrícola e são muito sensíveis ao manejo desse ambiente. Desse modo, este estudo avaliou os efeitos dos cultivos de sorgo sacarino e feijão-caupi sobre os térmitas, assim como a influência da temperatura, umidade e matéria orgânica sobre a sua taxocenose. As amostras foram coletadas em duas áreas de Caatinga no estado da Paraíba, Brasil, sendo uma área conservada e uma antropizada. As coletas ocorreram entre os anos 2018 e 2019, seguindo o método proposto pelo Programa de Biologia e Fertilidade do Solo Tropical (TSBF), com modificações. Em cada tratamento (cultivos de feijão-caupi, sorgo sacarino e na vegetação remanescente) de cada área, foram extraídos 9 blocos de solo ($20 \times 20 \times 30$ cm), divididos em três camadas: A (0-10 cm), B (10-20 cm) e C (20-30 cm). Sete espécies de térmitas foram registradas, sendo seis na área conservada e três na área antropizada. Os cultivos na área conservada apresentaram maior riqueza de espécies, abundância e biomassa média (5 spp, $1181,7 \text{ ind.m}^{-2}$ e $0,118 \text{ g.m}^{-2}$), em relação à antropizada (2 spp, $198,6 \text{ ind.m}^{-2}$ e $0,025 \text{ g.m}^{-2}$), enfatizando a importância da vegetação na persistência de diferentes populações de térmitas. A riqueza de espécies, abundância e biomassa não diferiram significativamente entre os três estratos do solo e não se relacionaram diretamente com nenhuma das variáveis do solo testadas. Embora tenha sido observado algumas espécies com potencial de praga, a maioria das espécies encontradas na área conservada não tem esse potencial, pois atua nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, o que pode contribuir para o aumento da produtividade do sistema agrícola. Dessa forma, nossos resultados reforçam a importância da manutenção de áreas naturais circundantes ao cultivo e podem dar suporte às pesquisas que visem o desenvolvimento sustentável na Caatinga.

Palavras-chave: Agroecossistemas; Caatinga; Isoptera; produtividade; semiárido.

INTRODUÇÃO

A Caatinga é uma região ecológica com cerca de 913.000 km², localizada no semiárido do nordeste do Brasil, cujo tipo de vegetação dominante é a floresta tropical sazonalmente seca (sigla SDTF em inglês) e apresenta características como altas temperaturas e altos potenciais de evapotranspiração, com taxas de precipitação baixas e irregulares (ANDRADE-LIMA, 1981; PRADO, 2003; SILVA et al., 2018). Em ecossistemas tropicais semiáridos, os térmitas apresentam uma importância funcional que pode ser maior do que nas florestas úmidas, podendo ser responsáveis por até 20% do carbono mineralizado no ecossistema (HOLT & COVENTRY, 1990).

Os Isoptera, conhecidos como térmitas ou cupins, são organismos altamente abundantes em habitats tropicais, desde as copas das árvores até o subsolo (BIGNELL & EGGLETON, 2000), cuja densidade pode atingir 10000 indivíduos.m⁻² e biomassa viva de até 100 g.m⁻² (EGGLETON et al., 1996). Eles são considerados organismos imprescindíveis à manutenção dos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, principalmente devido a essa elevada biomassa e sua ampla variedade de hábitos alimentares (BANDEIRA & VASCONCELLOS, 2002).

Os térmitas podem apresentar um papel consideravelmente benéfico em agroecossistemas, se esses forem manejados de forma sustentável, considerando a importância do papel da fauna de solo (BLACK & OKWAKOL, 1997). Algumas práticas agrícolas (como aração e uso de pesticidas) podem alterar a população desses insetos, possibilitando a entrada de espécies pragas e prejudicando alguns processos ecológicos realizados por esses organismos, como a ciclagem de nutrientes e condutividade da água (BLACK & OKWAKOL, 1997; CORREIA & OLIVEIRA, 2005). A construção de túneis e galerias por esses insetos aumenta a aeração dos solos influenciando a proliferação de raízes vegetais (COSTA-LEONARDO, 2002) e seus ninhos podem atuar como biofertilizante para o cultivo de hortaliças (GUTIERREZ & INOCÊNCIO, 2009).

A fauna do solo, a qual os térmitas fazem parte, recebe pouca atenção quando ocorre a utilização de solos agrícolas visando maior produtividade, o que pode afetar a estrutura dessa comunidade edáfica, que é muito sensível ao manejo da cobertura vegetal nesses ambientes (LAVELLE et al., 1992; BARETTA et al., 2011). Dessa forma, as práticas agrícolas podem causar alterações na fauna de térmitas, em vários graus de intensidade, devido às mudanças de habitat e criação de micro ambientes (ASSAD, 1997).

Dados de abundância e biomassa dos térmitas são necessários para estimar os processos ecossistêmicos mediados por eles (BIGNELL & EGGLETON, 2000). Além disso, a definição

de sustentabilidade dos sistemas de produção exige considerar também o papel da fauna de solo, e dessa forma, este estudo pode fornecer informações relevantes para o manejo adequado do solo, visando melhorar a produtividade da Caatinga. Desse modo, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos dos cultivos de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* Linn (Moench)) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) sobre os térmitas, assim como a influência da matéria orgânica, umidade e temperatura do solo na sua taxocenose, em duas áreas de Caatinga no nordeste do Brasil que apresentam diferença na complexidade estrutural de paisagem. Nessa perspectiva, nossas predições foram que (i) os cultivos em áreas preservadas apresentam maior riqueza de espécies em relação aos cultivos em áreas antropizadas; Em relação à vegetação remanescente, os cultivos apresentam (ii) uma menor riqueza de térmitas e (iii) uma menor ocorrência dos consumidores de solo (humívoros); Quanto à distribuição vertical dos térmitas no solo, (iv) esta é influenciada por fatores ambientais, como temperatura, umidade e matéria orgânica, com uma preferência por condições microclimáticas mais amenas, sendo mais comuns na camada superficial do solo (0-10 cm).

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

Este estudo foi realizado em duas áreas da Caatinga: Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas (ALM), 07° 28' S e 36° 52' W, que abrange os municípios de São José dos Cordeiros (PB) e Sumé (PB) e a Estação Experimental de São João do Cariri (SJC), 7°22' S e 36°31' W, no município de São João do Cariri (PB) (figura 1). Localizadas na microrregião do Cariri, no estado da Paraíba, nordeste do Brasil, essas áreas são consideradas como parte das Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (sigla SDTF em inglês) (PENNINGTON et al., 2000; PRADO, 2000; OLIVEIRA et al., 2006).

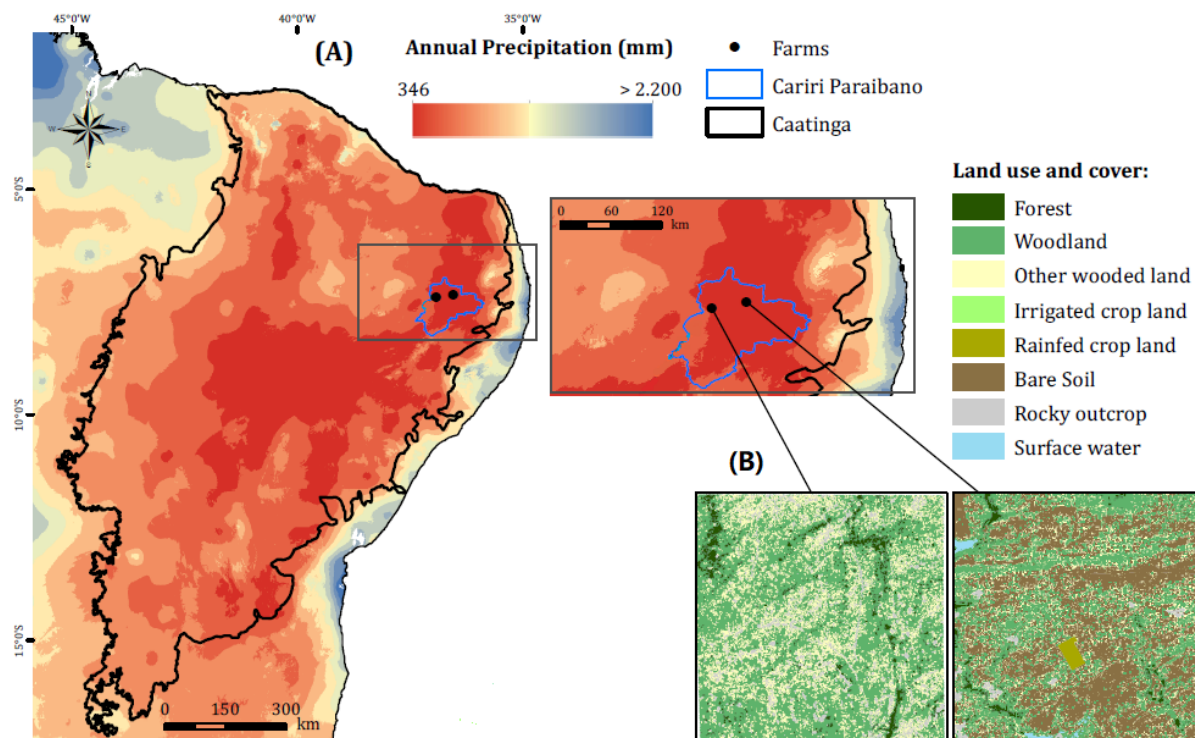


Figura 1: Distribuição espacial da precipitação média anual na Caatinga (A), com destaque em azul da região do Cariri Paraibano, na Paraíba, área de amostragem do presente estudo. Os pontos pretos representam as fazendas onde o estudo foi realizado. A complexidade estrutural das paisagens (B) varia dentro da área de estudo: (1) Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas (ALM) representa a paisagem de alta complexidade e (2) Estação Experimental de São João do Cariri (SJC) representa a paisagem com baixa complexidade. (Fonte dos limites territoriais: IBGE, 2015; Fonte dos dados de precipitação: FICK & HIJMANS, 2017). Mapa elaborado por Célia Machado, integrante da equipe executora do projeto.

A microrregião do Cariri possui os menores índices de precipitação do semiárido brasileiro, com médias anuais históricas inferiores a 400 mm (COHEN & DUQUÉ, 2001). Além dos baixos índices pluviométricos, os elementos comuns de sua paisagem são uma caatinga hiperxerófila, limitações edáficas e uma economia baseada na agropecuária extensiva (ALVES, 2009). As duas áreas de estudo apresentam o clima do tipo Bsh-Semiárido quente, de acordo com a classificação de Köppen.

A ALM, com 3.505 ha, é considerada um remanescente de importância ecológica para todo o domínio da Caatinga, pois abriga um dos mais conservados remanescentes de vegetação da região, o que a torna um destaque no cenário do Cariri (LIMA & BARBOSA, 2014). A vegetação presente é a Savana-Estépica (Caatinga do Sertão Árido Nordeste), com uma

estrutura mais arbórea densa nas áreas altas e mais arbustiva nas áreas abertas, sendo predominantemente arbórea, entremeada de lajedos com uma flora característica (BARBOSA et al., 2007; BARBOSA et al., 2015). Os solos, classificados em função da presença de horizontes diagnósticos, são identificados os grandes grupos: luvisolo, planossolo e neossolos (BARBOSA et al., 2015). A altitude varia de 590 a 760 m, a temperatura média é de 28,3°C e a precipitação média anual é de 560 mm (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985; NASCIMENTO & ALVES, 2008; LIMA & BARBOSA, 2014).

A SJC, com 310 ha, é uma área aberta altamente impactada, com vegetação caracterizada por longo período de corte seletivo e onde se encontra um núcleo de desertificação do semiárido brasileiro (BARBOSA et al., 2007; PEREZ-MARIN et al., 2012). A vegetação predominante é do tipo caatinga hiperxerófila, predominantemente arbustiva (BARBOSA et al., 2007; SOUSA et al., 2007). Os solos predominantes da área onde se localiza o município de São João do Cariri são: luvisolo crômico vértico, vertissolo cromado órtico e neossolo lítico (CHAVES et al., 2002). A altitude média é de 458 m, a temperatura média mensal oscila entre 27,2 e 23,1 °C, com precipitação média de 387 mm/ano (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985).

Inventário faunístico

A termitofauna de solo foi coletada entre o período de maio de 2018 e agosto de 2019. As coletas foram realizadas segundo o método manual proposto pelo programa Programa de Biologia e Fertilidade do Solo Tropical (TSBF) (ANDERSON & INGRAM, 1989) e modificado por Silva & Bandeira (1999). Em cada tratamento (nos cultivos de feijão-caupi e sorgo sacarino) e na vegetação remanescente (VR) de cada área, foram selecionadas aleatoriamente, por sorteio, nove parcelas (2 x 2m), com 1,5 metros de distância (nos cultivos) e de 250 metros (na VR). O tamanho médio da área dos cultivos foi de 16 x 9m, enquanto no fragmento de vegetação remanescente foi de 1000 x 1000m. Nos cultivos, as coletas foram feitas sempre próximo à data de colheita e, na VR, foram realizadas logo após o período chuvoso. Foi realizado um monólito por parcela, sendo extraído um bloco com dimensão de 20cm x 20cm x 30cm (12 litros), e posteriormente dividido em três camadas: A (0-10cm), B (10-20cm) e C (20-30cm). A serapilheira foi removida a priori. Os espécimes coletados foram acondicionados em recipientes contendo álcool a 70% e levados ao laboratório para serem identificados e pesados (peso fresco em g). Em alguns casos, devido às dificuldades envolvidas na aquisição de indivíduos suficientes para pesagem, o peso dos térmitas de uma espécie foi extrapolado para outras do mesmo gênero.

Grupos tróficos

Informações sobre grupos alimentares (GA1 e GA2), apresentadas na Tabela 1, foram adaptadas a partir de trabalhos anteriores, como Davies et al. (2003), Sena et al. (2003), Vasconcellos et al. (2005) e Canello et al. (2014). Na classificação do GA1 as espécies foram categorizadas de acordo com o hábito alimentar em: (X) consumidoras de madeira (xilófagas), que consomem madeira de árvore viva ou nos mais variados estágios de decomposição; (H) consumidoras de húmus, que se alimentam de húmus e geralmente vivem no perfil do solo; (X/H) consumidoras de madeira e húmus, que consomem húmus e madeira em estágio avançado de decomposição; e (F) consumidoras de folhas, que consomem folhas da serapilheira ou gramíneas. A classificação sobre GA2 em grupos de I a IV foi baseada na classificação de Donovan et al. (2001), em ordem crescente de humificação do substrato de alimentação. Grupo I: contém os térmitas que não pertencem a família Termitidae e que se alimentam de madeira morta. Grupo II: contém Termitidae com uma variedade de hábitos alimentares, incluindo madeira morta, grama, serapilheira e micro-epífitas. Grupo III: contém os Termitidae que se alimentam das camadas superiores orgânicas ricas do solo. Grupo IV: contém os verdadeiros consumidores de solo (novamente todos pertencentes a Termitidae), ingerindo solo aparentemente mineral.

Obtenção das variáveis ambientais

Para avaliar como os padrões gerais de riqueza taxonômica e distribuição dos táxons estão relacionados aos fatores ambientais, em cada camada de solo (A, B e C) foi inserido um termômetro digital para mensurar a temperatura e foram extraídas amostras do solo para avaliação da disponibilidade de matéria orgânica (M.O.) e umidade. A umidade foi determinada por meio do método gravimétrico e a disponibilidade de matéria orgânica por perda por combustão, descrito em Allen et al. (1974).

Análises dos dados

Os dados de abundância e biomassa foram transformados com $\log(x + 1)$ para garantir a normalidade e homogeneidade da variância. A análise de variância (ANOVA *two-way*), com o teste de Tukey *a posteriori*, foi realizada para determinar a variação das variáveis resposta (riqueza de espécies, abundância e biomassa) entre os estratos de solo e tratamentos, no software Statistica 10 (STATISTICA FOR WINDOWS, 1995). Para avaliar as variáveis ambientais como preditores para as variáveis resposta (riqueza de espécies, abundância e

biomassa), foram construídos Modelos Lineares Generalizados (GLM), com distribuição quasipoisson e função de ligação log. As análises foram realizadas utilizando o pacote RT4Bio (REIS JR et al., 2015) do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008). Os valores de p menor ou igual a 0,1 foram considerados marginalmente significativos. Para mostrar graficamente o compartilhamento de espécies entre os tratamentos de cada área, foram construídos Diagramas de Venn's utilizando o software VENNY 2.1 (OLIVEIROS, 2020).

RESULTADOS

Sete espécies de térmitas foram encontradas, pertencentes a cinco gêneros, compreendendo uma espécie da família Rhinotermitidae e seis da família Termitidae, sendo distribuídas entre as subfamílias Apicotermatinae (5 espécies) e Termitinae (1 espécie) (tabelas 1 e 2). Os cultivos apresentaram uma riqueza de espécies similar (5 spp) e menor valor médio de abundância (690,1 ind.m⁻²) e biomassa (0,072 g.m⁻²), quando comparados com a vegetação remanescente (VR) (6 espécies; 930,5 ind.m⁻² e 0,213 g.m⁻²). A espécie de maior abundância entre as áreas foi *Heterotermes sulcatus* (tabela 1).

As espécies compartilhadas entre os cultivos e VR nas áreas de estudo foram principalmente *Amitermes aporema* e *H. sulcatus* (figura 2). As espécies mais abundantes (*A. aporema*, *H. sulcatus* e *Anoplotermes* sp. 1) ocorreram em todas as três camadas amostrais do solo, enquanto a menos abundante (*Anoplotermes* sp. 2) ocorreu em apenas uma camada (B).

Na área de Caatinga aberta antropizada (SJC), todos os tratamentos apresentaram duas espécies, contudo uma espécie diferiu entre os cultivos (*A. aporema* e *H. sulcatus*) e VR (*Aparatermes* sp. e *H. sulcatus*). Nos cultivos, houve a dominância da espécie *A. aporema*, pertencente ao grupo alimentar II, em abundância e biomassa, representando 74,2% e 76% do valor total, respectivamente. O feijão foi onde os térmitas foram mais abundantes (levando em consideração o sorgo e VR), com maior concentração na camada A. A biomassa, no entanto, foi maior na VR. No sorgo, os térmitas foram encontrados apenas na camada mais superficial (A) (figura 3A).

A área de Caatinga conservada (ALM) apresentou a maior riqueza de espécies, abundância e biomassa, tanto nos cultivos quanto na VR. A riqueza foi de cinco espécies no cultivo de sorgo (*Anoplotermes* sp. 1, Apicotermatinae sp., *Ruptitermes reconditus*, *A. aporema* e *H. sulcatus*) e na VR (*Anoplotermes* sp. 1, *Anoplotermes* sp. 2, *R. reconditus*, *A. aporema* e *H. sulcatus*), e de três espécies no cultivo de feijão (*Anoplotermes* sp. 2, *A. aporema* e *H. sulcatus*). Nos cultivos, a espécie *H. sulcatus* se destacou pela sua maior abundância,

representando 64,8% do valor total, devido ao seu elevado valor no feijão. Quanto à biomassa, as espécies *H. sulcatus* e *R. reconditus* obtiveram os maiores valores, representando 32,6% e 30,9% do valor total nos cultivos, respectivamente. No feijão 77,2% dos térmitas se concentraram na camada C, diferentemente do sorgo e da VR, cuja distribuição foi mais concentrada na camada A, representando 58,5% e 71,7%, respectivamente. No feijão, o grupo alimentar I obteve maior representatividade, enquanto no sorgo e VR foi o III e II, respectivamente (figura 3B).

Tabela 1: Abundância (indivíduos.m⁻²) de térmitas em duas áreas (Estação Experimental São João do Cariri - SJC; Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas - ALM) de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga), Paraíba, Brasil. VR: Vegetação remanescente; Cam: Camadas do solo; GA1 – Grupo alimentar 1; GA2 – Grupo alimentar 2 (de acordo com a classificação de Donovan et al., 2001).

Táxon	SJC				ALM					
	Abundância				Abundância					
	Feijão	Sorgo	VR	Cam	Feijão	Sorgo	VR	Cam	GA1	GA2
TERMITIDAE										
Apicotermatinae										
<i>Anoplotermes</i> sp.1	-	-	-	-	-	302,8	527,8	A,B,C	H	III
<i>Anoplotermes</i> sp.2	-	-	-	-	5,6	-	8,3	B	H	III
<i>Aparatermes</i> sp.	-	-	36,1	B,C	-	-	-	-	H	IV
Apicotermatinae sp.	-	-	-	-	-	122,2	-	B,C	H	III
<i>Ruptitermes reconditus</i>	-	-	-	-	-	122,2	72,2	B,C	F	II
Termitinae										
<i>Amitermes aporema</i>	250,0	44,4	-	A,C	152,8	125,0	972,2	A,B,C	X/H	II
RHINOTERMITIDAE										
<i>Heterotermes sulcatus</i>	88,9	13,9	108,3	A,B,C	1241,0	291,7	136,1	A,B,C	X	I
Total	338,9	58,3	144,4		1399,4	963,9	1716,6			

Grupos de alimentação1: X = consumidores de madeira; H = consumidores de solo; F = consumidores de folha; X / H = consumidores da interface madeira-solo.

Tabela 2: Biomassa (g.m⁻²) de térmitas em duas áreas (Estação Experimental São João do Cariri - SJC; Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas - ALM) de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga), Paraíba, Brasil. VR: Vegetação remanescente; Cam: Camadas do solo; GA1 – Grupo alimentar 1; GA2 – Grupo alimentar 2 (de acordo com a classificação de Donovan et al., 2001).

Táxon	SJC				ALM				GA1	GA2
	Biomassa				Biomassa					
	Feijão	Sorgo	VR	Cam	Feijão	Sorgo	VR	Cam		
TERMITIDAE										
Apicotermatinae										
Anoplotermes sp.1	-	-	-	-	-	0,020	0,035	A,B,C	H	III
Anoplotermes sp.2	-	-	-	-	0,000	-	0,001	B	H	III
Aparatermes sp.	-	-	0,188	B,C	-	-	-	-	H	IV
Apicotermatinae sp.	-	-	-	-	-	0,024	-	B, C	H	III
Ruptitermes reconditus	-	-	-	-	-	0,073	0,043	B, C	F	II
Termitinae										
Amitermes aporema	0,038	0,007	-	A,C	0,023	0,019	0,146	A,B,C	X/H	II
RHINOTERMITIDAE										
Heterotermes sulcatus	0,004	0,001	0,005	A,B,C	0,062	0,015	0,007	A,B,C	X	I
Total	0,042	0,008	0,193		0,085	0,151	0,232			

Grupos de alimentação1: X = consumidores de madeira; H = consumidores de solo; F = consumidores de folha; X / H = consumidores da interface madeira-solo.

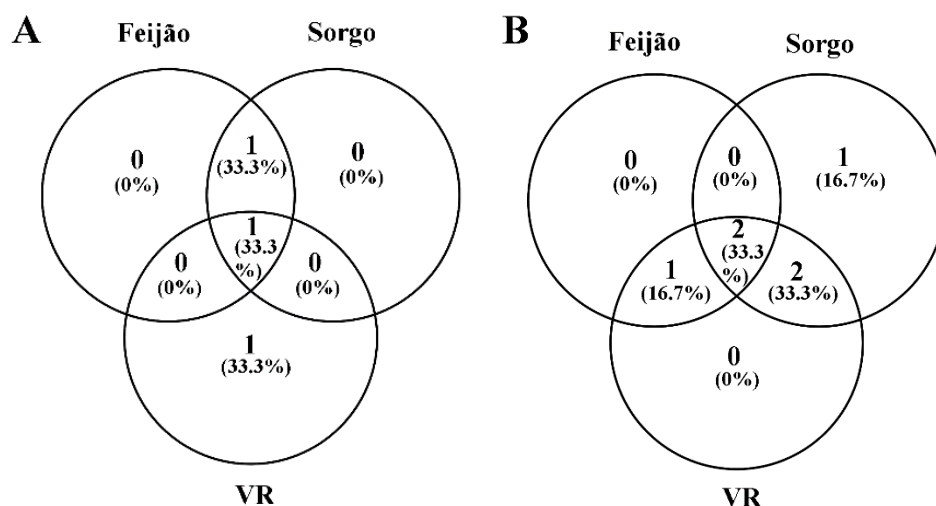


Figura 2: Diagrama de Venn mostrando o compartilhamento de espécies de térmitas entre os cultivos de feijão e sorgo e vegetação remanescente (VR), de duas áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga), Paraíba, Brasil. Estação Experimental São João do Cariri - SJC (A); Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas - ALM (B).

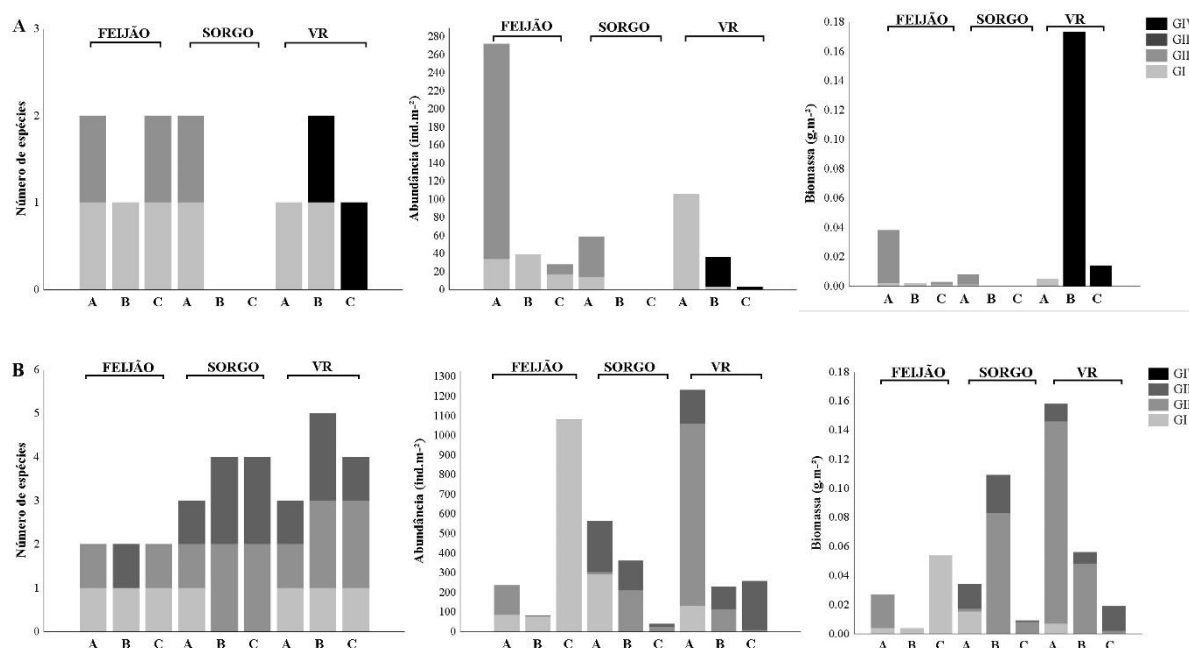


Figura 3: Riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas por grupo alimentar (GA2) entre as camadas de solo (A, B e C), em dois cultivos e vegetação remanescente (VR) de duas áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga), Paraíba, Brasil. Estação Experimental São João do Cariri - SJC (A); Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas - ALM (B).

Considerando a área de SJC, não houve variação significativa da riqueza de espécies, abundância e biomassa entre os estratos do solo ($F_{2;72}=2,69$ e $p=0,075$ - riqueza; $F_{2;72}=3,08$ e $p=0,052$ - abundância; $F_{2;72}=0,64$ e $p=0,530$ - biomassa), ocorrendo apenas uma variação marginalmente significativa ($p < 0,1$) da riqueza de espécies e da abundância entre esses estratos (apêndice B). Também não houve variação significativa dos estratos do solo entre os tratamentos (feijão, sorgo e vegetação remanescente) em relação à riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas ($F_{2;72}=2,25$ e $p=0,112$ - riqueza; $F_{2;72}=1,81$ e $p=0,171$ - abundância; $F_{2;72}=0,92$ e $p=0,402$ - biomassa). A ausência de significância também foi encontrada ao considerar os efeitos interativos dos estratos do solo e tratamentos sobre a fauna ($F_{2;72}=0,95$ e $p=0,443$ - riqueza; $F_{2;72}=0,24$ e $p=0,915$ - abundância; $F_{2;72}=1,00$ e $p=0,411$ - biomassa).

Quanto à ALM, também não houve variação significativa dos estratos do solo entre os tratamentos em relação à riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas ($F_{2;72}=0,54$ e $p=0,586$ - riqueza; $F_{2;72}=0,38$ e $p=0,683$ - abundância; $F_{2;72}=0,56$ e $p=0,574$ - biomassa), nem entre os estratos de forma geral ($F_{2;72}=0,54$ e $p=0,586$ - riqueza; $F_{2;72}=1,63$ e $p=0,202$ - abundância; $F_{2;72}=0,82$ e $p=0,444$ - biomassa) (apêndice C). Os mesmos resultados foram encontrados ao considerar os efeitos interativos dos estratos do solo e tratamentos sobre a fauna ($F_{2;72}=0,15$ e $p=0,961$ - riqueza; $F_{2;72}=1,05$ e $p=0,390$ - abundância; $F_{2;72}=1,54$ e $p=0,200$ - biomassa).

De acordo com os resultados do GLM, nenhuma das variáveis do solo (temperatura, umidade e matéria orgânica) se relacionaram significativamente com a riqueza de espécies, abundância ou biomassa de térmitas, embora tenha ocorrido uma relação marginalmente significativa entre a matéria orgânica e a biomassa, considerando o efeito interativo do tratamento do sorgo, na área de SJC (apêndice A).

DISCUSSÃO

Este estudo registrou uma composição e riqueza de espécies similar nos cultivos e na vegetação circundante (VR), o que difere dos resultados de alguns estudos, a exemplo de Bandeira & Vasconcellos (2002), Susilo et al. (2009) e Coulibaly et al. (2020). Em relação à abundância e biomassa, nossos resultados corroboram com vários estudos, com menores valores nos cultivos (BANDEIRA & VASCONCELLOS, 2002; TSUKAMOTO & SABANG, 2005; SUSILO et al., 2009; FRANCO et al., 2016; COULIBALY et al., 2020). Embora o estudo de Coulibaly et al. (2020), o qual avaliou a termitofauna presente em pomares de mangueira de

diferentes classes etárias (menores de 5 anos a 30 anos ou mais) e na savana circundante, tenha registrado uma maior riqueza de espécies e abundância em pomares mais velhos, em decorrência de serem menos perturbados e mais propensos a oferecer condições microclimáticas adequadas (e variadas) para o assentamento da colônia, em comparação com a savana. A redução desses parâmetros em comparação com a VR é geralmente atribuída a uma menor complexidade do habitat nos cultivos, com a redução de nichos e alteração de condições microclimáticas (FOSTER et al., 2011; EWERS et al., 2015).

Embora não tenha tido perda na riqueza de espécies da VR para os cultivos na área antropizada (SJC), a VR dessa área apresentou uma baixa riqueza de espécies, que pode ser atribuída à sua degradação (BARBOSA et al., 2007; VASCONCELLOS et al., 2010). Essa área sofreu impacto no passado tanto pela exploração seletiva da madeira quanto pelo pastoreio intenso por rebanhos de gados e cabras, o que reduz muito a disponibilidade de recursos alimentares atrativos para os térmitas de solo (MÉLO & BANDEIRA, 2004).

As espécies que ocorreram nos cultivos da área SJC (*Amitermes aporema* e *Heterotermes sulcatus*) foram as mais abundantes nesse estudo e também as principais espécies compartilhadas entre os cultivos das áreas e suas respectivas VR, o que sugere que sejam espécies generalistas, apresentando certa plasticidade adaptativa. O gênero *Amitermes* é tido como tropicopolitano, sendo geralmente encontrado em ambientes abertos sazonalmente secos, com suas espécies apresentando a capacidade de explorar a celulose em diferentes formas, bem como a madeira em diferentes estágios de decomposição (EGGLETON, 2000; REIS & CANCELLO, 2007). Em um estudo comparativo entre matrizes de cana de açúcar e fragmentos de Mata Atlântica, Couto et al. (2019) reportaram a matriz funcionando como um filtro para a grande maioria das espécies, mas favorecendo a permanência de *A. aporema*. O gênero *Heterotermes*, por sua vez, ocorre em todas as regiões do Brasil, com a capacidade de se adaptar a diversos tipos de habitats (CONSTANTINO, 1999). Ambas as espécies apresentam certo potencial como pragas agrícolas em cultivos (CONSTANTINO, 2002; SALES et al., 2010), embora Couto et al. (2019) tenham reportado *A. aporema* como não nociva ao cultivo de cana de açúcar.

Em SJC, ao contrário de ALM, a abundância de térmitas em um dos cultivos (feijão) foi maior do que na VR. No entanto, a biomassa não acompanhou a abundância, sendo maior na VR, devido à influência do elevado tamanho corporal da espécie *Aparatermes* sp. Embora esse cenário de maior abundância no cultivo não reflita a maioria dos estudos, em alguns também

foram encontrados densidade de indivíduos maior em áreas cultivadas e menor na floresta, estando o fato relacionado com o possível favorecimento de certas espécies em detrimento da ação antrópica (WOOD & JOHNSON, 1978; BANDEIRA & HARADA, 1998; SILVA & BANDEIRA, 1999).

A ALM apresentou maior riqueza de espécies, abundância e biomassa, tanto nos cultivos quanto na VR. Além disso, os cultivos (principalmente o sorgo) afetaram pouco a diversidade de térmitas, inclusive no grupo dos consumidores de solo, considerados mais sensíveis a perturbações ambientais e flutuações climáticas (DIBOG et al., 1999; MÉLO & BANDEIRA, 2004). Esses fatores podem estar relacionados com a conservação florestal que essa área apresenta (BARBOSA et al., 2007; LIMA & BARBOSA, 2014) e a influência que essa vegetação e seu histórico de uso do solo pode causar na termitofauna presente nos cultivos, visto que a matriz do habitat circundante exerce um papel fundamental na persistência de populações, podendo afetar mais fortemente diferentes espécies em diferentes escalas espaciais (FAHRIG, 2003; SANTOS-FILHO et al., 2012). Dessa forma, é provável que esses insetos estejam influenciando positivamente os cultivos agrícolas, embora seja necessário mais tempo de acompanhamento da termitofauna e uma avaliação também dos cultivos para fortalecer essa hipótese. No estudo de Mando (1997) em um ecossistema semiárido, verificou-se um maior crescimento do cultivo de feijão-caupi nas parcelas com térmitas do que nas parcelas sem térmitas, com a atividade desses insetos aumentando a absorção de nutrientes pelo feijão-caupi.

Em ALM, as espécies *H. sulcatus* e *Ruptitermes reconditus* se destacaram quanto a abundância e biomassa nos cultivos, com a primeira espécie possuindo destaque em ambos os parâmetros. A espécie *H. sulcatus* ocorreu em todos os tipos de ambientes aqui amostrados e demonstra pouca exigência para seu estabelecimento no habitat (CONSTANTINO, 1999), sendo, conseqüentemente, abundante nos ambientes, o que pode refletir em uma maior biomassa, embora apresente tamanho corporal pequeno em relação a maioria das espécies desse estudo. Em contrapartida, *R. reconditus* se destacou pelo seu elevado tamanho corporal e, por ser consumidor de folhas secas (TORALES et al., 2009), pode ter sido favorecido pela palha acumulada no solo proveniente do sorgo.

Embora a ocorrência da espécie menos abundante ter se limitado a apenas uma das camadas do solo, a maioria das espécies ocorreram em, pelo menos, duas das três camadas. Isso implica que as espécies de térmitas desse estudo não apresentaram preferência por alguma camada específica do solo. Dessa forma, é provável que sua distribuição vertical esteja

relacionada a outros fatores, como recursos alimentares e condições microclimáticas (SILVA & BANDEIRA, 1999; BIGNELL & EGGLETON, 2000). Ainda que neste estudo não tenha ocorrido uma variação significativa da riqueza de espécies, abundância e biomassa entre os estratos do solo, Bandeira & Vasconcellos (2002) relataram uma maior abundância de indivíduos na faixa de profundidade 20-30 cm em uma área de cultivo, apesar da maioria dos indivíduos amostrados nos ambientes florestais úmidos terem ocorrido nas camadas superficiais do solo, assim como também é reportado em vários estudos, tanto de ecossistemas florestais úmidos quanto de semiáridos (WALWORK, 1970; ABE & MATSUMOTO, 1979; PETERSON & LUXTON, 1982; SILVA & BANDEIRA, 1999; VASCONCELLOS, 2010; ARAÚJO et al., 2015), sendo proposto que amostragens em profundidades de até 20 cm sejam razoáveis para pesquisas qualitativas em ecossistemas tropicais (BANDEIRA & VASCONCELLOS, 2002).

Embora este estudo não tenha evidenciado uma influência direta da temperatura, umidade e matéria orgânica na taxocenose de térmitas, sabe-se que outras variáveis ambientais, tais como a concentração de nutrientes e textura do solo, também são importantes para o estabelecimento e manutenção de populações subterrâneas de térmitas, ocorrendo uma preferência por solos argilosos (LEE & WOOD, 1971; SENA et al., 2003).

Os resultados deste estudo, combinados com dados da literatura (VASCONCELLOS et al., 2010; ALVES et al., 2011; VIANA-JUNIOR et al., 2014), reforçam o potencial dos térmitas como bioindicadores de qualidade ambiental nas áreas da Caatinga e destacam o impacto que o histórico de uso do solo e vegetação circundante da área, pode apresentar em cultivos agrícolas. Esses resultados corroboram com um estudo recente envolvendo ALM, SJC e uma área de mosaico composta de florestas e bosques (60%) e terras agrícolas (40%), o qual propôs um modelo de paisagem agrícola sustentável para terras secas tropicais e considerou que paisagens com complexidade intermediária (como a descrita com 60% de mata e 40% de cultivos) são mais eficientes para produzir alimentos, água e energia (ARAÚJO et al., 2021). Esse estudo (ARAÚJO et al., 2021) recomendou a atualização da legislação para proteger pelo menos 50% das paisagens de terras secas, como áreas naturais ou vegetação restaurada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da área preservada (ALM) enfatizam que a manutenção de áreas naturais circundantes ao cultivo pode ser muito importante para a persistência de diferentes populações

de térmitas no cultivo, principalmente as mais sensíveis aos distúrbios. Através dessa manutenção é possível atenuar o processo de desertificação que vem aumentando no Cariri brasileiro, e influenciar a substituição de sistemas agrícolas convencionais por sistemas sustentáveis, diminuindo a degradação do solo e consequentemente, a perda de áreas agricultáveis.

Embora tenha tido uma elevada abundância de algumas espécies com potencial como praga, a maioria das espécies encontradas no sorgo da área conservada não tem esse potencial, mas atua nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, contribuindo para o aumento da produtividade do sistema agrícola. Esse cultivo associado à manutenção de áreas naturais circundantes pode ser uma escolha satisfatória para conservar a taxocenose de térmitas diante da necessidade de produção agrícola, embora seja necessário a replicação dessa metodologia em outras áreas da Caatinga, a fim de maiores comparações e fortalecimento dessa hipótese. Dessa forma, nosso estudo pode dar suporte às pesquisas que visem o desenvolvimento sustentável na Caatinga.

REFERÊNCIAS

- ABE, T. & MATSUMOTO, T. Studies on the distribution and ecological role of termites in a lowland rain forest of west Malaysia:(3) Distribution and abundance of termites in Pasoh Forest Reserve. **Japanese Journal of Ecology**, v. 29, n. 4, p. 337-351, 1979.
- ALLEN, S. E.; GRISHALL, H. M.; PARKINSON, J. A & QUARNBY, C. Analysis of soil. In: ALLEN, S.E (eds). **Chemical analysis of ecological materials**. Blackwell Scientific publications, London, 1974.
- ALVES, J. J. A. Caatinga do Cariri Paraibano. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 19-25, 2009.
- ALVES, W. F.; MOTA, A. S.; LIMA, R. A. A.; BELLEZONI, R.; VASCONCELLOS, A. Termites as Bioindicators of Habitat Quality in the Caatinga, Brazil: Is There Agreement Between Structural Habitat Variables and the Sampled Assemblages?. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 1, p. 39-46, 2011.
- ANDERSON, J. M. & INGRAM, J. S. M. **Tropical Soil Biology and Fertility: a Handbook of Methods**. UNESCO / IUBS, p. 77, 1989.
- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 4, p. 149–153, 1981.
- ANDRADE, L. A.; REIS, M. G.; REIS, G. G. Classificação ecológica do Estado da Paraíba: interpolação de dados climáticos por aproximação numérica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 23-32, 1999.
- ARAÚJO, V.; SILVA, M. P.; VASCONCELLOS, A. Soil-sampled termites in Two Contrasting Ecosystems within the Semiarid Domain in Northeastern Brazil: Abundance, Biomass, and Seasonal Influences. **Sociobiology**, v. 62, n. 1, p. 70-75, 2015.
- ARAUJO, H. F.; MACHADO, C. C.; PAREYN, F. G.; DO NASCIMENTO, N. F.; ARAÚJO, L. D.; DE AP BORGES, L. A.; ... & DA SILVA, J. M. C. A sustainable agricultural landscape model for tropical drylands. **Land Use Policy**, v. 100, p. 104913, 2021.
- ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 363-443, 1997.

- BANDEIRA, A. G. & HARADA, A. Y. Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 2, p. 191-191, 1998.
- BANDEIRA, A. G. & VASCONCELLOS, A. A quantitative survey of termites in a gradient of disturbed highland forest in northeastern Brazil (Isoptera). **Sociobiology**, v. 39, n. 3, p. 429-440, 2002.
- BARBOSA, M. R. V.; LIMA, I. B.; LIMA, J. R.; CUNHA, J. P.; AGRA, M. F.; THOMAS, W. W. Vegetação e flora no Cariri paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, n.3, p.313-322, 2007.
- BARBOSA, M. R. V.; PAREYN, F. G. C.; LIMA, J. R. Plano de Manejo-RPPN Fazenda Almas, 2015.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Top. Ciên. Solo**. v. 7, p. 119–170, 2011.
- BIGNELL, D. E. & EGGLETON, P. Termites in ecosystems. In: ABE, T.; HIGASHI, M.; BIGNELL, D. E. (Orgs.) **Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis, Ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publications, p. 363-387, 2000.
- BLACK, H. I. J. & OKWACOL, M. J. N. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: The role of termites. **Appl. Soil Ecol**, v. 6, p. 37-53, 1997.
- CANCELLO, E. M.; SILVA, R. R.; VASCONCELLOS, A. & REIS, Y. T. Latitudinal Variation in Termite Species Richness and Abundance along the Brazilian Atlantic Forest Hotspot. **Biotropica (Lawrence, KS)**, v. 46, p. 441-450, 2014.
- CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCONCELOS, A. C. F.; SILVA, A. P. P. **Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na bacia escola do açude namorados e diagnóstico do uso e degradação das terras**. Campina Grande: Convênio Banco do Nordeste do Brasil/ UFPB/FINEP, p. 114, 2002. Relatório técnico.
- COHEN, M. & DUQUÉ, G. **Le deux visages du Sertão: Stratégies paysannes face aux sécheresses** (Nordeste du Brésil). Paris, Éditions de L'IRD, 2001.

CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de Cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papéis avulsos de Zoologia**, v. 40, n. 25, p. 387-448, 1999.

CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. **Journal of Applied Entomology**, v. 126, n. 7-8, p. 355-365, 2002.

CORREIA, M. E. F. & OLIVEIRA, L. C. M. Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**, p. 77-99, 2005.

COSTA-LEONARDO, A. M. **Cupins-praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro-SP: Divisa, p.128, 2002.

COUTO, A. A. V. D. O.; MONTES, M. A.; CHAVES, R. E. C. R. D.; VASCONCELLOS, A. Sharing of termites (Blattodea: Isoptera) between sugarcane matrices and Atlantic Forest fragments in Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 63, n. 2, p. 108-111, 2019.

DAVIES, R. G.; HERNÁNDEZ, L. M.; EGGLETON, P.; DIDHAM, R. K.; FAGAN, L. L. & WINCHESTER, N. N. Environmental and spatial influences upon species composition of a termite assemblage across neotropical forest islands. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, p. 509–524, 2003.

DONOVAN, S. E.; EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E. Gut content analysis and a new feeding group classification of termites (Isoptera). **Ecological Entomology**, v. 26, p. 356–366, 2001.

EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E.; SANDS, W. A.; MAWDSLEY, N. A.; LAWTON, J. H.; WOOD, T. G.; BIGNELL, N. C. The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 351, n. 1335, p. 51-68, 1996.

EGGLETON, P. Global patterns of termite diversity. In: **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**. Springer, Dordrecht, p. 25-51, 2000.

EWERS, R. M.; BOYLE, M. J. W.; GLEAVE, R. A.; PLOWMAN, N. S.; BENEDICK, S.; BERNARD, H.; BISHOP, T. R.; BAKHTIAR, E. Y.; CHEY, V. K.; CHUNG, A. Y. C.; DAVIES, R. G.; EDWARDS, D. P.; EGGLETON, P.; FAYLE, T. M.; HARDWICK, S. R.;

HOMATHEVI, R.; KITCHING, R. L.; KHOO, M. S.; LUKE, S. H.; MARCH, J. J.; NILUS, R.; PFEIFER, M.; RAO, S. V.; SHARP, A. C.; SNADDON, J. L.; STORK, N. E.; STRUEBIG, M. J.; WEARN, O. R.; YUSAH, K. M.; TURNER, E. Logging cuts the functional importance of invertebrates in tropical rainforest. **Nat. Commun.** v. 6, p. 1–7, 2015.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v. 34, p. 487– 515, 2003.

FICK, S. E. & HIJMANS, R. J. WORLDCLIM 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, 2017.

FOSTER, W.; SNADDON, J. L.; TURNER, E. C.; FAYLE, T. M.; COCKERILL, T. D.; ELLWOOD, M. D. F.; BROAD, G. R.; CHUNG, A. Y. C.; EGGLETON, P.; KHEN, C. V.; YUSAH, K. M. Establishing the evidence base for maintaining biodiversity and ecosystem function in the oil palm landscapes of South East Asia. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 366, n. 1582, p. 3277-3291, 2011.

FRANCO, A. L. C.; BARTZ, M. L. C.; CHERUBIN, M. R.; BARETTA, D.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; WALL, D. H.; DAVIES, C. A.; CERRI, C. C. Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. **Science of the Total Environment**, v. 563–564, p. 160–168, 2016.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. **Atlas geográfico do estado da Paraíba**. João Pessoa: Grafset, p. 100, 1985.

GUTIERREZ, R. & INOCÊNCIO, M. Utilização de Ninhos de Cupins no Cultivo de Hortaliças. **Rev. Bras. De Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 935-938, 2009.

HOLT, J. A. & COVENTRY, R. J. Nutrient cycling in Australian savannas. **Journal of Biogeography**, v, 17, p. 427-432, 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de informações básicas municipais**. Perfil dos estados e dos municípios brasileiros: cultura 2014. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

LAVELLE, P., SPAIN, A.V., BLANCHART, E., MARTIN, A., MARTIN, S. The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. In: **Myths and Science of Soils of the Tropics**. SSSA Special Publication, Madison, Wisconsin, p. 157–185, 1992.

LEE, K. E. & WOOD, T. **Termites and soils**. London and New York: Academic Press, p. 251, 1971.

LIMA, I. B. & BARBOSA, M. R. V. Composição florística da RPPN Fazenda Almas, no Cariri paraibano, Paraíba, Brasil. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 23, p.49-67, 2014.

MANDO, A. **The role of termites and mulch in the rehabilitation of crusted Sahelian soils**. Tropical Resource Management Papers No. 16. Wageningen Agricultural University, Netherlands, 1997.

OLIVEIRA, F. X.; ANDRADE, L. A.; FELIX, L. P. Comparações florísticas e estruturais entre comunidades de Floresta Ombrófila Aberta com diferentes idades, no município de Areia, PB, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 861-873, 2006.

OLIVEROS, J. C. Venny. **An interactive tool for comparing lists with Venn's diagrams**. (2007– 2015). Disponível em: < <http://bioinfogp.cnb.csic.es/tools/venny/index.html> >. Acesso em: 15 junho 2020.

PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **J. Biogeogr.**, v. 27, p. 261, 2000.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S. S.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Parcerias Estratégicas**, v. 17, n. 4, p. 87-106, 2012.

PETERSEN, H. & LUXTON, M. A comparative analysis of soil fauna populations and their roles in decomposition processes. **Oikos**. v. 39, p. 287-388, 1982.

PRADO, D. E. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographical unity. **Edinburgh J. Bot.**, 57, 437, 2000.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: I. R. Leal, M. Tabarelli. & J.M.C. Silva (Eds), **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, p. 3-73, 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2008.

- REIS, Y. T. & CANCELLO, E. M. Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 97, p. 229-234, 2007.
- REIS JR, R.; OLIVEIRA, M. L.; BORGES, G. R. A. RT4Bio: R tools for biologists. **R package version**, v. 1, 2015.
- SALES, M. J. D.; MATOS, W. C.; REIS, Y. T. D.; RIBEIRO, G. T. Frequência e riqueza de cupins em áreas de plantio de eucalipto no litoral norte da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n.12, p. 1351-1356, 2010.
- SANTOS-FILHO, M.; PERES, C.A.; da SILVA, D.J.; SANAIOTTI, T. M. Habitat patch and matrix effects on small-mammal persistence in Amazonian forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 4, p. 1127–1147, 2012.
- SENA, J. M.; VASCONCELLOS, A.; GUSMÃO, M. A. B.; BANDEIRA, A. G. Assemblage of termites in a fragment of Cerrado on the coast of Paraíba State, Northeast Brazil (Isoptera). **Sociobiology**, v. 42, n. 3, p.753-760, 2003.
- SILVA, E. G. & BANDEIRA, A. G. Abundância e distribuição vertical de cupins (Insecta: Isoptera) em solo de Mata Atlântica, João Pessoa, Paraíba, Brasil. **Rev. Nordest. Biol.** v.13, p. 13-36, 1999.
- SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (Ed.). **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**. Springer, 2018.
- SOUSA, R. F.; BARBOSA, M.; CARVALHO, A.; SOUSA JÚNIOR, S.; ALENCAR, M. L. Geotecnologia no estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do Município de São João do Cariri–PB. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 4, n. 2, 2007.
- STATISTICA FOR WINDOWS. General conventions and statistics. Tulsa, StatSoft, Inc, 1995.
- SUSILO, F. X; MURWANI, S.; DEWI, W. S; AINI, F. K. Effect of land use intensity on diversity and abundance of soil insects and earthworms in Sumberjaya, Lampung. **Biospecies**, 2: 1-11, 2009.
- TORALES, G. J.; CORONEL, J. M.; LAFFONT, E. R.; FONTANA, J. L.; GODOY, M. C. Termite associations (Insecta, Isoptera) in natural or semi-natural plant communities in Argentina. **Sociobiology**, v. 54, n. 2, p. 383, 2009.

TSUKAMOTO, J. & SABANG, J. Soil macro-fauna in an *Acacia mangium* plantation in comparison to that in a primary mixed dipterocarp forest in the lowlands of Sarawak, Malaysia. **Pedobiologia**, v. 49, n. 1, p. 69-80, 2005.

VASCONCELLOS, A.; MÉLO, C. A. S.; SEGUNDO, E. M. V.; BANDEIRA, A. G. Cupins de duas florestas de restinga do nordeste brasileiro. **Iheringia**, v. 95, n. 2, p. 127-131, 2005.

VASCONCELLOS, A. Biomass and abundance of termites in three remnant areas of Atlantic Forest in northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 3, p. 455-461, 2010.

VASCONCELLOS, A.; BANDEIRA, A. G.; MOURA, F. M. S.; ARAÚJO, V. F. P.; GUSMÃO, M. A. B.; CONSTANTINO, R. Termite assemblages in three habitats under different disturbance regimes in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 2, p. 298-302, 2010.

VIANA-JUNIOR, A. B.; REIS, Y. T.; COSTA, A. P. M.; SOUZA, V. B. Termite assemblages in dry tropical forests of Northeastern Brazil: Are termites bioindicators of environmental disturbances?. **Sociobiology**, v. 61, n. 3, 324-331, 2014.

WALLWORK, J. A. **Ecology of soil animals**. England. McGraw - Hill Publishing Company Ltd, p. 283, 1970.

WHITFORD, W. G. Subterranean termites and long-term productivity of desert rangelands. **Sociobiology**, v. 19, n. 1, p. 235-244, 1991.

WOOD, T. G. & JOHNSON, R. A. **Abundance and vertical distribution in soil of *Microtermes* (Isoptera, Termitidae) in savanna woodland and agricultural ecosystems at Mokwa, Nigeria**. Zakład Narodowy im. Ossolińskich-Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, 1978.

APÊNDICES

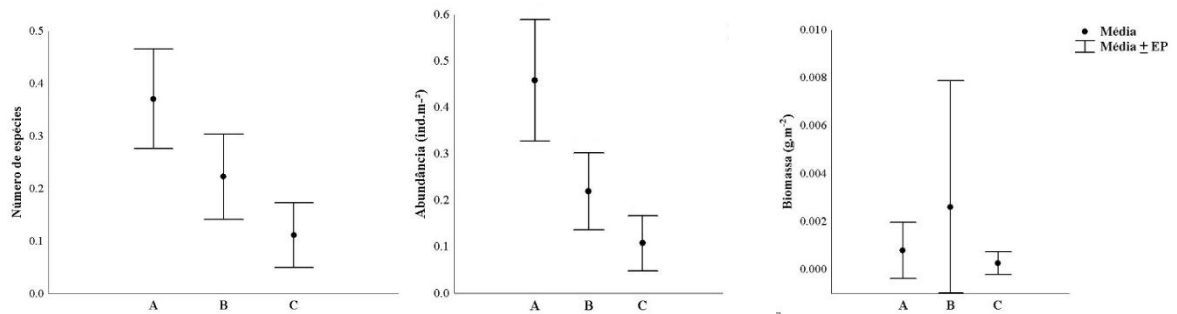
Apêndice A: Resultado do modelo linear generalizado (distribuição quasipoisson e função de ligação log) para relacionar as variáveis dependentes com as preditoras do solo, em duas áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga), Paraíba, Brasil. SJC: Estação Experimental de São João do Cariri; ALM: Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas; M.O: matéria orgânica; Trat.: tratamento; VR: vegetação remanescente.

Variável resposta	Termos relacionados	Coefficiente	Erro padrão	t - valor	P-valor ($> t $)
SJC					
Riqueza de espécies	Intercepto	-1,123	5,917	-0,190	0,852
	Temperatura	-0,079	0,167	-0,471	0,644
	Umidade	-0,675	0,474	-1,424	0,175
	M.O	1,032	0,748	1,379	0,188
	Trat. Sorgo	4,964	4,580	1,084	0,296
	Trat. VR	3,273	4,983	0,657	0,521
	M.O: Trat. Sorgo	-0,753	0,764	-0,986	0,340
	M.O: Trat. VR	-0,814	1,510	-0,539	0,598
Abundância	Intercepto	-0,119	6,579	-0,018	0,986
	Temperatura	-0,112	0,190	-0,586	0,567
	Umidade	-0,490	0,470	-1,043	0,313
	M.O	0,948	0,783	1,211	0,245
	Trat. Sorgo	4,501	5,252	0,857	0,405
	Trat. VR	3,649	5,152	0,708	0,490
	M.O: Trat. Sorgo	-0,802	0,905	-0,886	0,390
	M.O: Trat. VR	-0,833	1,503	-0,554	0,588
Biomassa	Intercepto	-19,620	15,880	-1,236	0,236
	Temperatura	-0,362	0,501	-0,723	0,481
	Umidade	-0,933	1,275	-0,732	0,476
	M.O	4,684	2,444	1,916	0,075†
	Trat. Sorgo	23,740	14,260	1,665	0,117
	Trat. VR	19,390	14,280	1,358	0,195
	M.O: Trat. Sorgo	-4,074	2,323	-1,754	0,099†

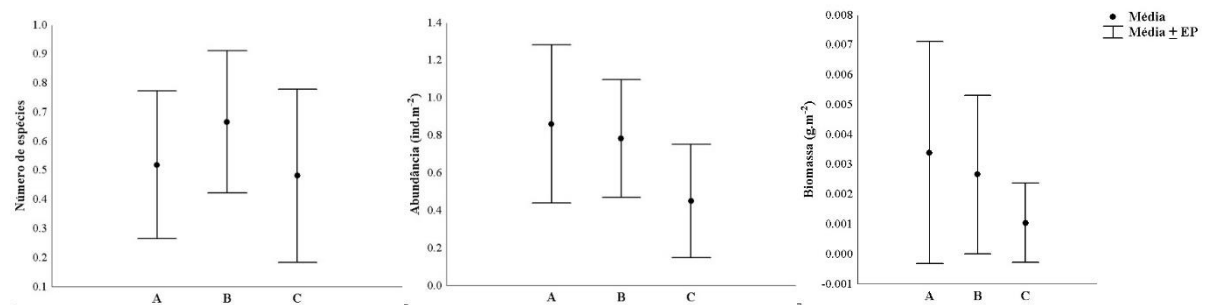
	M.O: Trat. VR	-3,019	3,504	-0,861	0,409
<hr/>					
ALM					
Riqueza de espécies	Intercepto	-2,701	2,723	-0,992	0,334
	Temperatura	0,116	0,080	0,145	0,886
	Umidade	0,160	0,094	1,701	0,105
	M.O	0,199	0,197	1,009	0,326
	Trat. Sorgo	4,025	3,253	1,237	0,231
	Trat. VR	2,284	1,352	1,689	0,108
	M.O: Trat. Sorgo	-0,636	0,653	-0,974	0,342
	M.O: Trat. VR	-0,417	0,319	-1,307	0,207
Abundância	Intercepto	2,175	2,849	0,763	0,455
	Temperatura	-0,112	0,084	-1,326	0,201
	Umidade	0,043	0,103	0,414	0,684
	M.O	0,276	0,196	1,405	0,176
	Trat. Sorgo	2,705	3,202	0,845	0,409
	Trat. VR	1,836	1,465	1,254	0,225
	M.O: Trat. Sorgo	-0,644	0,646	-0,997	0,331
	M.O: Trat. VR	-0,527	0,332	-1,588	0,129
Biomassa	Intercepto	-1,059	5,339	-0,198	0,845
	Temperatura	-0,187	0,165	-1,132	0,272
	Umidade	0,125	0,185	0,675	0,508
	M.O	0,138	0,493	0,280	0,782
	Trat. Sorgo	3,296	6,084	0,542	0,594
	Trat. VR	1,208	2,729	0,443	0,663
	M.O: Trat. Sorgo	-0,710	1,280	-0,555	0,586
	M.O: Trat. VR	-0,251	0,635	-0,395	0,697

†P < 0,1

Apêndice B: Variação da riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas entre os estratos do solo (A, B e C), em uma área de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga) - Estação Experimental de São João do Cariri (SJC), Paraíba, Brasil.



Apêndice C: Variação da riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas entre os estratos do solo (A, B e C), em uma área de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga) – Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas (ALM), Paraíba, Brasil.



CAPÍTULO II

DETERMINANTES DA RIQUEZA DE ESPÉCIES, ABUNDÂNCIA E BIOMASSA DE TÉRMITAS DE SOLO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

RESUMO

Os térmitas são macroartrópodes que influenciam a estrutura física, composição química e a ciclagem de nutrientes nos solos de ecossistemas tropicais, além de serem sensíveis a alterações no meio em que vivem, representando bons indicadores ambientais. Dessa forma, o presente estudo identificou a termitofauna do solo e avaliou a influência de fatores ambientais do solo, estrutura da vegetação e cobertura vegetal nessa taxocenose, em três remanescentes de Caatinga que apresentam diferença na complexidade estrutural de paisagem. As amostras foram coletadas durante a estação chuvosa entre os anos 2018 e 2019, seguindo o método proposto pelo Programa de Biologia e Fertilidade do Solo Tropical (TSBF), com modificações. Foram extraídos 25 blocos de solo ($20 \times 20 \times 30$ cm) em cada área e divididos em três camadas: A (0-10 cm), B (10-20 cm) e C (20-30 cm). Nove espécies de térmitas foram encontradas e a abundância e biomassa média encontrada foi de 335 ± 213 ind.m⁻² e $0,083 \pm 0,030$ g.m⁻², respectivamente. Entre as áreas amostradas, a área de reserva ambiental apresentou a maior abundância (760 indivíduos.m⁻²), tendo também a maior abundância dos humívoros, grupo considerado um possível indicador ambiental. Essa área também obteve o maior número de espécies, junto com a área de 60% de vegetação natural, com sete espécies cada. Já na área antropizada, ocorreu uma baixa riqueza de espécies. A riqueza de espécies, abundância e a biomassa não diferiram significativamente entre os estratos do solo, mas diferiram quanto ao grupo alimentar, com menor riqueza e abundância do grupo alimentar IV (verdadeiros consumidores de solo) e maior biomassa do grupo II (consumidores com uma variedade de hábitos alimentares). A capacidade de troca catiônica (CTC) foi uma preditora significativa para a riqueza de espécies e marginalmente significativa ($p < 0,1$) para a abundância. Nossos resultados reforçam a importância da complexidade estrutural das paisagens sobre a taxocenose de térmitas e o impacto positivo desses organismos nas propriedades químicas do solo, ressaltando a importância que esses insetos podem exercer nos ecossistemas semiáridos, assim como, dar suporte a estudos na Caatinga que visem um desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Caatinga, Isoptera, solo, variáveis ambientais.

INTRODUÇÃO

Os térmitas são macroartrópodes cuja maioria das espécies ocorre nas regiões tropicais e subtropicais entre os limites latitudinais de 40° N e 40° S, ocorrendo em todos os tipos de solo, exceto aqueles que são semi-permanentemente encharcados e alguns vertisolos com rachaduras acentuadas (WOOD, 1988; CONSTANTINO, 1999). Esses organismos são altamente abundantes em ecossistemas tropicais, cuja densidade pode exceder 10000 indivíduos.m⁻² (EGGLETON et al., 1996). Eles possuem expressiva importância no solo desses ecossistemas, influenciando sua estrutura física, composição química e ciclagem de nutrientes (HOLT & LEPAGE, 2000).

A ação dos térmitas de misturar e deslocar o material orgânico e mineral do solo, da superfície e do subsolo (bioturbação) é fundamental na dispersão de nutrientes ao longo do perfil do solo, alterando consequentemente a distribuição de nutrientes vegetais (WOOD, 1988; PILLANS et al., 2002; SILVA & MENDONÇA, 2007). Além da influência nos solos, esses organismos evoluíram como o grupo de inseto detritívoro mais bem sucedido nos trópicos sazonais do mundo, com a estimativa de decomposição em até 90% de detritos orgânicos de plantas, em florestas tropicais (BUXTON, 1981; HOLT & CONVENTRY, 1990; BIGNELL & EGGLETON, 2000) e também são sensíveis a alterações no meio em que vivem, representando bons indicadores ambientais (EGGLETON et al., 1995; BANDEIRA et al., 2003; JONES et al., 2003).

A Caatinga ocorre amplamente na região semiárida do nordeste do Brasil, abrangendo uma área de aproximadamente 913.000 km², sendo caracterizadas por altas temperaturas e altos potenciais de evapotranspiração, com taxas de precipitação baixas e irregulares (ANDRADE-LIMA, 1981; PRADO, 2003; SILVA et al., 2018). No entanto, a paisagem regional é um mosaico de diferentes fitofisionomias, adaptadas a essas condições muito secas (COIMBRA-FILHO & CÂMARA, 1996), com alta ocorrência de espécies espinhosas e uma vegetação predominantemente decídua durante a estação seca (PENNINGTON et al., 2006). Nas regiões áridas e semiáridas, a importância funcional dos térmitas pode ser maior do que nas florestas úmidas, podendo ser responsáveis por até 20% do carbono mineralizado no ecossistema (HOLT & COVENTRY, 1990).

A distribuição, abundância de indivíduos e diversidade de térmitas em escala local e regional podem ser influenciadas por vários fatores naturais, como o clima (FERRY, 1992; GATHORNE-HARDY et al., 2001), a composição química e física do solo (LEE & WOOD, 1971), a competição intra e interespecífica (SPAIN et al., 1986; THORNE & HAVERTY,

2000) e o tipo e estágio de sucessão da vegetação (VASCONCELLOS et al., 2010). Muitos avanços ocorreram em métricas que avaliam como a estrutura e a composição de uma paisagem interferem na manutenção da biodiversidade, podendo afetar o número e a distribuição dos indivíduos e a riqueza de espécies (FAHRIG, 2003; METZGER, 2006; SANTOS-FILHO et al., 2012). Evidências empíricas e teóricas sugerem que a matriz de habitat circundante exerce um papel fundamental na persistência de populações dentro de fragmentos florestais, podendo afetar mais fortemente diferentes espécies em diferentes escalas espaciais (FAHRIG, 2003; SANTOS-FILHO et al., 2012).

O conhecimento da estrutura da comunidade edáfica, ao qual os térmitas fazem parte, assim como dados de sua abundância e biomassa, permitem inferir sobre o papel destes organismos nos ecossistemas e pode ser utilizado como um indicador do funcionamento do subsistema do solo e de estimativa sobre os processos ecossistêmicos mediados por eles (STORK & EGGLETON, 1992; BIGNELL & EGGLETON, 2000). Desse modo, este estudo teve como objetivo identificar a termitofauna de solo e avaliar a influência de fatores ambientais do solo, vegetação e paisagem nessa taxocenose, em três remanescentes de Caatinga que apresentam diferença na complexidade estrutural de paisagem. Nessa perspectiva, as predições foram: (i) dominância dos humívoros (grupo alimentar III e IV) em relação aos outros grupos alimentares; (ii) na camada superficial do solo (0-10 cm) ocorre a maior riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas; (iii) a distribuição vertical dos térmitas no solo é influenciada por variáveis ambientais, principalmente umidade e matéria orgânica.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

Este estudo foi realizado em três áreas da Caatinga, localizado na microrregião do Cariri, no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil (figura 1), considerado como parte das Florestas Tropicais Sazonalmente Secas - SDTF (PENNINGTON et al., 2000; PRADO, 2000; OLIVEIRA et al., 2006): a Fazenda São Paulo dos Dantas (FSP), 7° 42' S e 37° 6' W, localizada no município de Prata; a Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas (ALM), 07° 28' S e 36° 52' W, que abrange os municípios de São José dos Cordeiros e Sumé, e a Estação Experimental de São João do Cariri (SJC), 7°22' S e 36°31' W, no município de São João do Cariri.

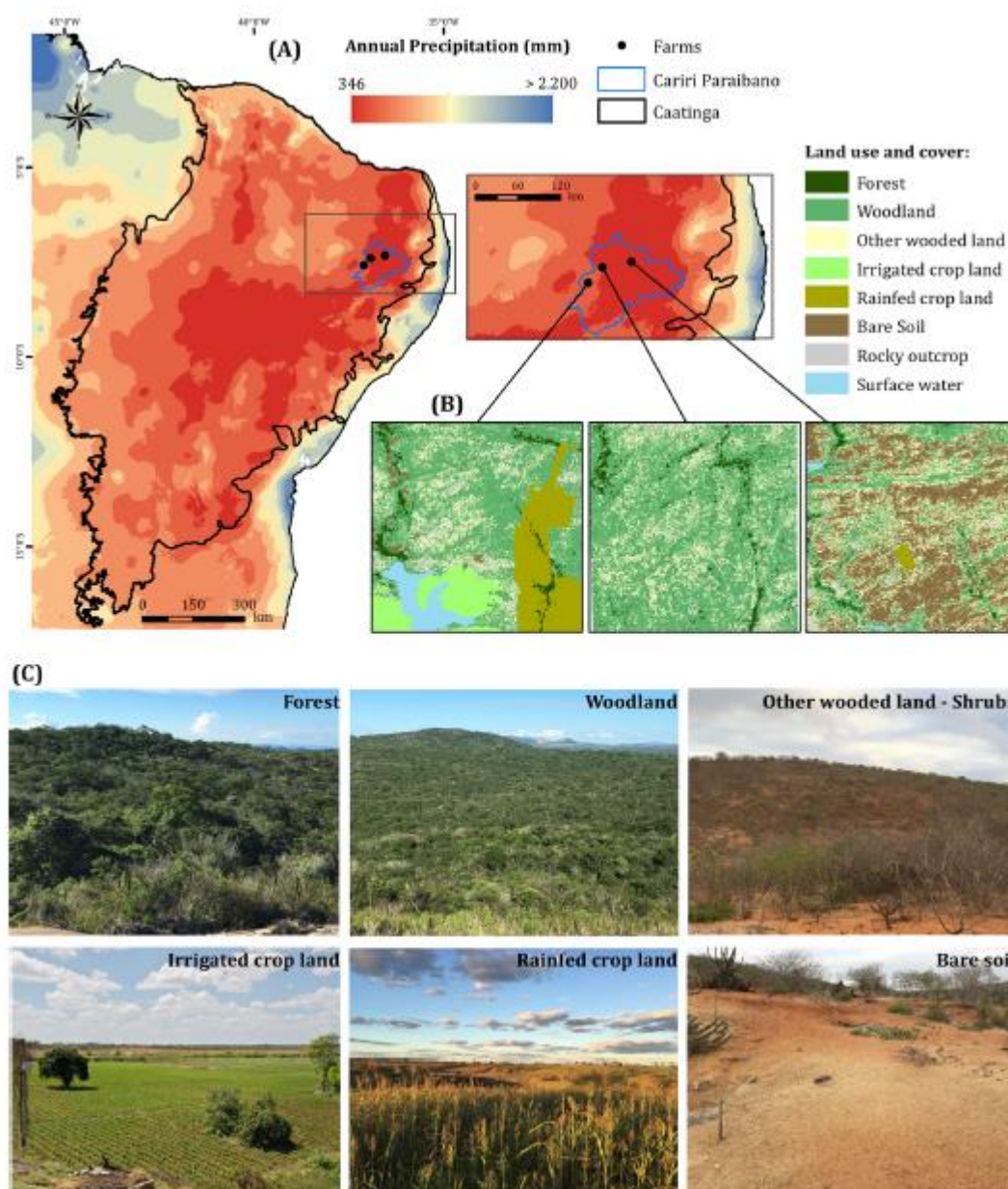


Figura 1: Distribuição espacial da precipitação média anual na Caatinga (A), com destaque em azul da região do Cariri Paraibano, na Paraíba, área de amostragem do presente estudo. Os pontos pretos representam as fazendas onde o estudo foi realizado. A complexidade estrutural das paisagens (B) varia dentro da área de estudo: (1) Fazenda São Paulo dos Dantas (FSP) representa a paisagem com complexidade intermediária; (2) Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas (ALM) representa a paisagem com alta complexidade; (3) Estação Experimental de São João do Cariri (SJC) representa a paisagem com baixa complexidade. (C) Cobertura e uso da terra encontrados nas três paisagens (Fonte dos limites territoriais: IBGE, 2015; Fonte dos dados de precipitação: FICK & HIJMANS, 2017). Mapa elaborado por Célia Machado, integrante da equipe executora do projeto.

Na microrregião do Cariri o clima é do tipo Bsh-Semiárido quente, de acordo com a classificação de Köppen e a precipitação média anual varia de 400 a 600 mm (NASCIMENTO & ALVES, 2008). Dentre os elementos comuns de sua paisagem estão os baixos índices pluviométricos, a caatinga hiperxerófila, as limitações edáficas e uma economia baseada na agropecuária extensiva (ALVES, 2009).

A FSP possui um histórico de práticas agropecuárias e de conservação ambiental que vem sendo desenvolvida nos últimos 40 anos para a construção de um sistema sustentável com altos índices de produtividade (D. Dantas, comunicação pessoal). Essas atividades ocorrem em cerca de 40% da fazenda e os outros 60% correspondem à vegetação natural constituída de floresta e bosque (ARAUJO et al., 2021). Esse modelo permite a manutenção de uma rica biodiversidade e de serviços ecossistêmicos, como acúmulo e manutenção de água no solo. A precipitação média anual é de 431,8 mm (CPRM, 2005).

A ALM abriga um dos mais conservados remanescentes de vegetação da região, o que a torna um destaque no cenário do Cariri, sendo considerada um remanescente de importância ecológica para todo o domínio da Caatinga (BARBOSA et al., 2007; LIMA & BARBOSA, 2014). Apresenta solo predominantemente arenoso e a vegetação predominante no local é a caatinga arbórea, variando de densa a aberta, entremeada por lajedos (BARBOSA et al., 2007; LIMA & BARBOSA, 2014). A precipitação média anual é de 560 mm (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985).

A SJC é uma área de Caatinga aberta altamente impactada, onde encontra-se um núcleo de desertificação do semiárido brasileiro, e a vegetação é caracterizada por longo período de corte seletivo, sendo do tipo hiperxerófila, restando atualmente a predominância de vegetação arbustiva (BARBOSA et al., 2007; SOUSA et al., 2007; PEREZ-MARIN et al., 2012). A precipitação média anual é de 387 mm (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985; ANDRADE et al., 1999).

Inventário faunístico

A termitofauna do solo foi coletada entre o período de julho de 2018 e maio de 2019, durante a estação chuvosa. A coleta foi feita segundo o método manual, proposto pelo programa Programa de Biologia e Fertilidade do Solo Tropical (TSBF) (ANDERSON & INGRAM, 1989). Na vegetação remanescente de cada localidade foram demarcadas 25 parcelas (2 x 2m), com distância de 250 metros entre cada. Foi realizado um monólito por parcela, sendo extraído um bloco com dimensão de 20cm x 20cm x 30cm (12 litros), e cada um deles dividido em três camadas: A (0-10cm), B (10-20cm) e C (20-30cm). A serapilheira foi removida *a priori*. Os espécimes coletados foram acondicionados em recipientes contendo álcool a 70% e levados ao

laboratório para serem identificados e pesados (peso fresco em g). Em alguns casos, devido às dificuldades envolvidas na aquisição de indivíduos suficientes para pesagem, o peso dos térmitas de uma espécie foi extrapolado para outras do mesmo gênero.

Grupos tróficos

Informações sobre grupos alimentares (GA1 e GA2), apresentadas na Tabela 1, foram adaptadas a partir de trabalhos anteriores desenvolvidos na Região Neotropical, como Davies et al. (2003), Sena et al. (2003), Vasconcellos et al. (2005) e Canello et al. (2014). Na classificação do GA1 as espécies foram categorizadas de acordo com o hábito alimentar em: (X) consumidoras de madeira (xilófagas), que consomem madeira de árvore viva ou nos mais variados estágios de decomposição; (H) consumidoras de húmus, que se alimentam de húmus e geralmente vivem no perfil do solo; (X/H) consumidoras de madeira e húmus, que consomem húmus e madeira em estágio avançado de decomposição; e (F) consumidoras de folhas, que consomem folhas da serapilheira ou gramíneas. A classificação sobre GA2 em grupos de I a IV foi baseada na classificação de Donovan et al. (2001), em ordem crescente de humificação do substrato de alimentação. Grupo I: contém os térmitas que não pertencem a família Termitidae e que se alimentam de madeira morta. Grupo II: contém Termitidae com uma variedade de hábitos alimentares, incluindo madeira morta, grama, serapilheira e micro-epífitas. Grupo III: contém os Termitidae que se alimentam das camadas superiores orgânicas ricas do solo. Grupo IV: contém os verdadeiros consumidores de solo (novamente todos pertencentes a Termitidae), ingerindo solo aparentemente mineral.

Variáveis ambientais

Para avaliar como os padrões gerais de riqueza taxonômica e distribuição dos táxons estão relacionados aos fatores abióticos, os seguintes componentes foram mensurados em cada área: pH, teor de P, K, Na, H+Al (acidez potencial), Ca, Mg, SB (Soma de Bases Trocáveis), CTC (Capacidade de Troca Catiônica) e saturação de bases (V%), realizados de acordo com Hazelton & Murphy (2016). Além disso, em cada camada de solo (A, B e C) de cada parcela, foi inserido um termômetro digital para mensurar a temperatura e extraído uma amostra para avaliação da disponibilidade de matéria orgânica (M.O.) e umidade. A umidade foi determinada por meio do método gravimétrico e a disponibilidade de matéria orgânica por perda por combustão, descrito por Allen et al. (1974).

Para avaliar como os padrões gerais estão relacionados à vegetação, foram mensurados os seguintes componentes vegetais: riqueza de espécies, abundância, biomassa seca (kg), área basal (m²), altura (m) e medidas da paisagem (informações extraídas de buffers com raio de 120

m), com a cobertura vegetal natural em ha (bosque + floresta) e cobertura vegetal impactada (exposição do solo ou retirada da vegetação) em ha (solo exposto + arbusto), de acordo com Fao (2000) e Beuchle et al. (2015).

Análises dos dados

Os dados de abundância e biomassa foram transformados com $\log(x + 1)$ para garantir a normalidade e homogeneidade da variância. A análise de variância (ANOVA *two-way*), com o teste de Tukey *a posteriori*, foi realizada para determinar a variação da riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas, entre os estratos de solo e grupos alimentares, no software Statistica 10 (STATISTICA FOR WINDOWS, 1995). Uma PCA (*Principal Component Analysis*) – PCA1, com os valores de nove variáveis ambientais foi utilizada para evitar multicolinearidade entre elas, levando em consideração os resultados da análise de correlação e/ou com base na literatura (GARNIER-SILLAM, 1991; HOLT & LEPAGE, 2000; FERREIRA et al., 2011; SANABRIA et al., 2016; PINHEIRO et al., 2017), sendo selecionadas as variáveis que apresentaram as maiores cargas sobre os dois primeiros componentes principais. Essas variáveis foram CTC e biomassa vegetal seca e explicaram 52,2% da variação total na PCA. Foi realizada também uma PCA (PCA2) com todas as 19 variáveis preditoras disponíveis, não levando em consideração a análise de correlação e a literatura, sendo selecionadas as variáveis sobre os quatro primeiros componentes principais. Essas variáveis foram CTC, abundância vegetal, Ca e área basal vegetal, e explicaram 67,4% da variação total nessa PCA.

Para avaliar as variáveis ambientais como preditores para a riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas, foram construídos Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM), ajustados por máxima verossimilhança (aproximação de Laplace), com distribuição binomial negativa, para dados com elevada sobredispersão e função de ligação log. Foram construídos dois modelos (M1 e M2), sendo um com as variáveis indicadas pela PCA1 e outro com as variáveis indicadas pela PCA2, respectivamente. A seleção dos componentes principais da PCA foi realizada de acordo com a sugestão do pacote “psych” (REVELLE, 2020), utilizando a função “principal”. As análises de GLMM foram realizadas utilizando os pacotes “lme4” (BATES et al., 2015), “lmerTest” (KUZNETSOVA et al., 2017), “MuMIn” (BARTON, 2020) e “vegan” (OKSANEN et al., 2020) do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

RESULTADOS

Nove espécies de térmitas foram encontradas, pertencentes a sete gêneros, compreendendo uma espécie da família Rhinotermitidae e oito espécies da família Termitidae, sendo distribuídas entre as subfamílias Apicotermatinae (4 espécies), Termitinae (3 espécies) e Nasutitermitinae (1 espécie) (tabela 1). A subfamília Apicotermatinae foi dominante em termos de riqueza de espécies e Termitinae foi dominante quanto à abundância (representando 49,2% do valor total, dos quais 83,4% foram representados por *Amitermes aporema*) e biomassa (representando 58,6% do valor total, dos quais 61,8% foram representados por *A. amifer*). As espécies *A. amifer* e *Heterotermes sulcatus* ocorreram em todas as áreas de amostragem. O número de animais capturados variou de 0 a 281 por amostra, com uma abundância e biomassa média de 335 ± 213 ind.m⁻² e $0,093 \pm 0,013$ g.m⁻², respectivamente. A área de reserva (ALM) obteve a maior abundância (760 indivíduos.m⁻²), assim como o maior número de espécies, junto com a área de 60% de vegetação natural (FSP), com sete espécies cada. Quanto à biomassa, a área antropizada (SJC) obteve o maior valor, com 0,113 g.m⁻², representada principalmente por *Aparatermes* sp. e *A. amifer*.

Representantes de todas as espécies ocorreram entre as profundidades de 10-30 cm do solo (figura 2), enquanto apenas quatro espécies (*A. amifer*, *A. aporema*, *Anoplotermes* sp.1 e *H. sulcatus*) ocorreram entre 0-10 cm. As áreas SJC e ALM registraram maior abundância (99,2% e 85,7%, respectivamente) e biomassa de térmitas (95,5% e 91,8%, respectivamente) entre as profundidades de 0-20 cm, enquanto em FSP, os maiores valores ocorreram entre 10-30 cm (94%). Em ambas as situações houve uma maior representatividade das espécies do grupo alimentar II (figura 2).

A riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas variou significativamente entre os grupos alimentares ($F_{3,896}=4,76$; $p=0,003$), ($F_{3,896}=4,61$; $p=0,003$) e ($F_{3,896}=2,89$; $p=0,030$), respectivamente (figura 3). No entanto, não houve variação significativa desses parâmetros da termitofauna entre os estratos do solo ($F_{2,899}=0,42$ e $p=0,660$ – riqueza; $F_{2,899}=0,93$ e $p=0,390$ – abundância; $F_{2,899}=0,46$ e $p=0,630$ – biomassa). A ausência de significância também foi encontrada ao considerar uma interação entre os estratos do solo e grupos alimentares sobre a termitofauna ($F_{6,888}=1,59$ e $p=0,15$ – riqueza; $F_{6,888}=1,54$ e $p=0,160$ – abundância; $F_{6,888}=0,46$ e $p=0,630$ – biomassa).

Tabela 1: Abundância (indivíduos.m⁻²) e biomassa (peso fresco g.m⁻²) de térmitas em três áreas (Estação Experimental São João do Cariri - SJC; Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas - ALM; Fazenda São Paulo dos Dantas - FSP) de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga), Paraíba, Brasil. Cam: Camadas do solo; GA1 – Grupo alimentar 1; GA2 – Grupo alimentar 2 (de acordo com a classificação de Donovan et al., 2001).

Táxon	SJC			FSP			ALM			GA1	GA2
	Abundância	Biomassa	Cam	Abundância	Biomassa	Cam	Abundância	Biomassa	Cam		
TERMITIDAE											
Apicotermitinae											
<i>Anoplotermes</i> sp. 1	-	-	-	1	0,000	A	312	0,021	A,B,C	H	III
<i>Anoplotermes</i> sp. 2	-	-	-	-	-	-	3	0,000	B	H	III
<i>Aparatermes</i> sp.	13	0,068	B,C	-	-	-	-	-	-	H	IV
<i>Ruptitermes reconditus</i>	-	-	-	1	0,001	B	26	0,016	B,C	F	II
Nasutitermitinae											
<i>Nasutitermes kemberi</i>	-	-	-	6	0,004	C	-	-	-	X	II
Termitinae											
<i>Amitermes amifer</i>	29	0,041	B	39	0,055	A,B	4	0,006	A	X/H	II
<i>Amitermes aporema</i>	-	-	-	62	0,009	B,C	350	0,053	A,B,C	X/H	II
<i>Termes fatalis</i>	-	-	-	6	0,001	C	4	0,000	C	H	III
RHINOTERMITIDAE											
<i>Heterotermes sulcatus</i>	83	0,004	A,B	4	0,000	A	61	0,003	A,B,C	X	I
Total	125	0,113		119	0,070		760	0,099			

Grupos de alimentação 1: X = consumidores de madeira; H = consumidores de solo; F = consumidores de folha; X / H = consumidores da interface madeira-solo.

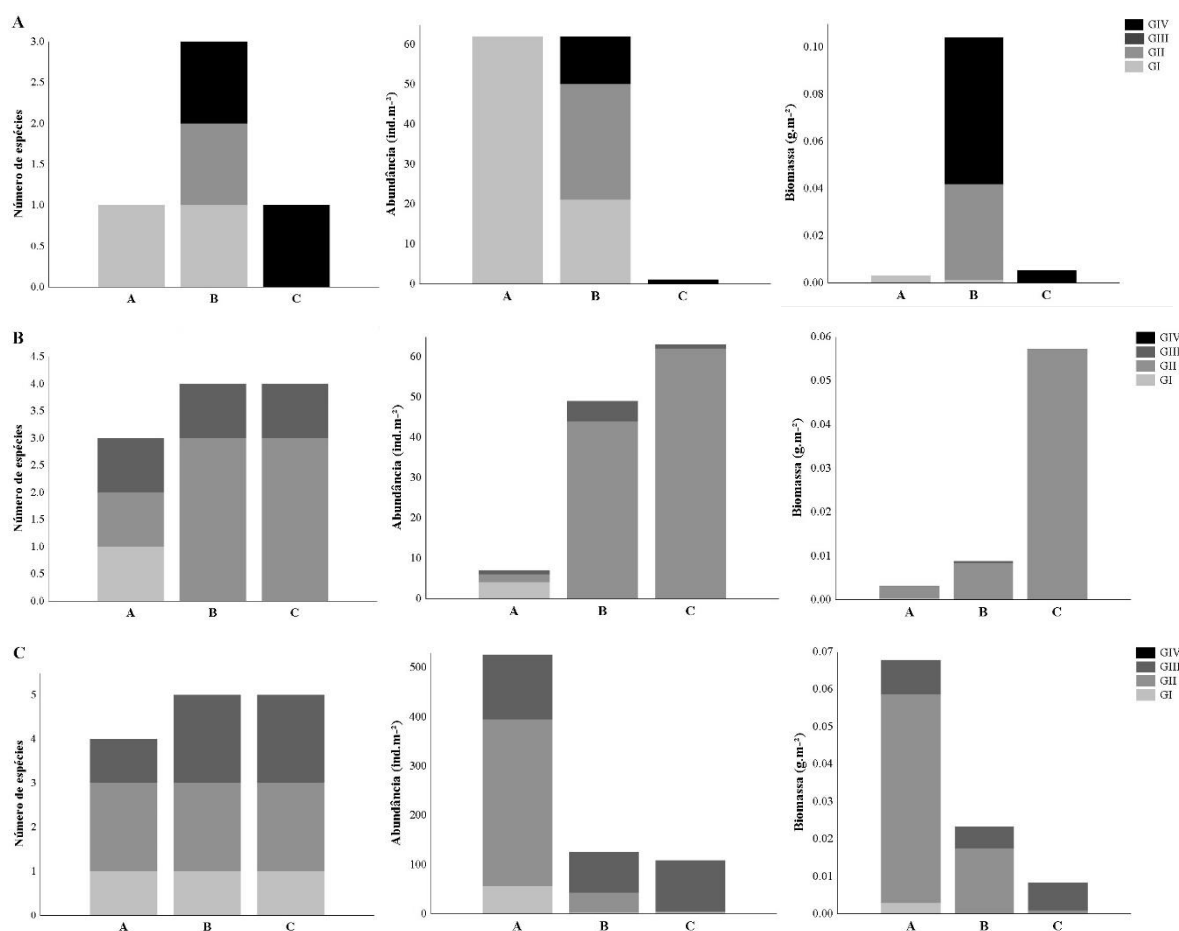


Figura 2: Riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas por grupo alimentar (GA2) entre as camadas de solo, em três áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga) – Paraíba, Brasil. Estação Experimental São João do Cariri - SJC (A); Fazenda São Paulo dos Dantas - FSP (B); Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas - ALM (C).

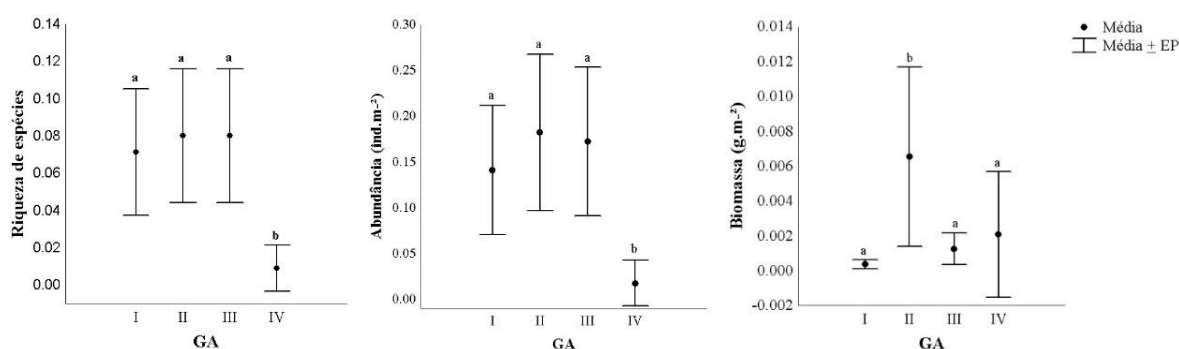


Figura 3: Variação da riqueza de espécies, abundância e biomassa de térmitas entre os grupos alimentares (GA2), em três áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga) – Paraíba, Brasil: Estação Experimental São João do Cariri, Fazenda São Paulo dos Dantas e Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas. Letras diferentes (a, b) indicam que os grupos

alimentares variam significativamente com base nos resultados de ANOVA two-way e teste de Tukey.

De acordo com os resultados do GLMM, a CTC foi uma preditora significativa para a riqueza de espécies nos modelos testados (Tabela 2), sendo também relacionada, embora de forma marginalmente significativa ($p < 0,1$), com a abundância de térmitas no modelo 2. A biomassa de térmitas não se relacionou significativamente com nenhuma variável ambiental (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados dos modelos testados das variáveis dependentes com as preditoras do solo e da vegetação, em três áreas de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Caatinga) – Paraíba, Brasil: Estação Experimental São João do Cariri, Fazenda São Paulo dos Dantas e Reserva Particular de Patrimônio Natural Fazenda Almas. CTC: Capacidade de Troca Catiônica; Biom.: Biomassa vegetal seca; Abund. veg.: Abundância vegetal; Ca: Cálcio; Ar.b.: Área Basal Vegetal.

Variável resposta	Termos relacionados	Coeficiente	Erro padrão	Z - valor	P-valor ($> z $)
Modelo 1					
Riqueza de espécies	Intercepto	-1,269	$3,674 \times 10^{-1}$	-3,454	0,001***
	CTC	$2,751 \times 10^{-2}$	$1,067 \times 10^{-2}$	2,579	0,009**
	Biom.	$-3,732 \times 10^{-5}$	$4,907 \times 10^{-4}$	-0,076	0,939
Abundância	Intercepto	$-4,311 \times 10^{-1}$	$3,756 \times 10^{-1}$	-1,148	0,251
	CTC	$1,990 \times 10^{-2}$	$1,267 \times 10^{-2}$	1,570	0,116
	Biom.	$-1,661 \times 10^{-5}$	$5,051 \times 10^{-4}$	-0,033	0,974
Biomassa	Intercepto	-3,589	1,563	-2,296	0,022*
	CTC	0,037	0,047	0,785	0,432
	Biom.	-0,002	0,003	-0,607	0,544
Modelo 2					
Riqueza de espécies	Intercepto	-0,942	0,639	-1,473	0,141
	CTC	0,029	0,010	2,793	0,005**
	Abund.veg.	-0,002	0,011	-0,189	0,849
	Ca	0,017	0,119	0,145	0,885
	Ar.b.	-0,004	0,004	-0,998	0,318
Abundância	Intercepto	-0,057	0,643	-0,088	0,930
	CTC	0,021	0,012	1,702	0,089†
	Abund. veg.	-0,003	0,013	-0,253	0,800
	Ca	-0,050	0,137	-0,361	0,718
	Ar.b.	-0,003	0,004	-0,693	0,488

Biomassa	Intercepto	-2,938	2,451	-1,199	0,231
	CTC	0,034	0,047	0,737	0,461
	Abund. veg.	-0,024	0,051	-0,474	0,636
	Ca	0,082	0,498	0,165	0,869
	Ar.b.	-0,012	0,020	-0,594	0,553

***p < 0,001; **p < 0,01; *p < 0,05; †p < 0,1

DISCUSSÃO

A subfamília Apicotermatinae foi dominante em riqueza de espécies e essa dominância foi relatada também em outros estudos de amostragem de térmitas no solo, em ecossistemas florestais úmidos e secos (SILVA & BANDEIRA, 1999; BANDEIRA & VASCONCELLOS, 2002; BANDEIRA et al., 2003; ARAÚJO et al., 2015; SANABRIA et al., 2016). Em nosso estudo, essa subfamília ocorreu de forma abundante apenas na área de reserva, a qual possui maior conservação florestal (ALM), sendo portanto, uma possível indicadora ambiental, visto que quase todas as espécies dessa subfamília são consumidoras de solo (CONSTANTINO, 2005) e ela é considerada um dos grupos mais importantes de térmitas do solo, podendo refletir o funcionamento dos ecossistemas e sua conservação, sendo particularmente sensíveis às perturbações humanas (BOURGUINON et al., 2016). Espécies consumidoras de solo podem favorecer a descompactação do solo e a infiltração da água da chuva nesse ambiente (LEE & WOOD, 1971; MANDO & MIEDEMA, 1997).

Em relação à abundância e biomassa, a subfamília Termitinae foi dominante, representada principalmente pelas espécies *Amitermes aporema* e *A. amifer*, respectivamente. Essas espécies de *Amitermes* são consideradas consumidoras intermediárias do solo e madeira (SENA et al., 2003; VASCONCELLOS et al., 2005), o que pode favorecer sua ocorrência nas áreas, devido a sua maior variedade alimentar. Corroborando com essa hipótese, Reis & Cancellato (2007) observaram em duas áreas de Mata Atlântica de diferentes estágios, que uma espécie de *Amitermes* tem a capacidade de explorar a celulose em diferentes formas, assim como a madeira em diferentes estágios de decomposição, o que explicaria sua alta frequência em diferentes ambientes. A espécie *A. aporema* foi considerada por Couto et al. (2019) como uma espécie que é favorecida por áreas abertas e Vasconcellos et al. (2010) registrou a sua ocorrência apenas em ambientes perturbados (usaram a denominação *A. nordestinus*, que de acordo com Rocha & Cancellato 2020, é uma sinonímia de *A. aporema*), embora sua maior abundância tenha ocorrido em ALM, área que possui uma vegetação arbórea preservada há mais de 20 anos (BARBOSA et al., 2007). Ainda que *A. amifer* não tenha apresentado uma elevada abundância, sua maior biomassa pode ser atribuída à sua elevada massa corporal comparada a várias outras espécies desse estudo.

As espécies *A. amifer* e *Heterotermes sulcatus* ocorreram em todas as áreas. O gênero *Amitermes* é tropicopolitano e geralmente encontrado em ambientes abertos sazonalmente secos (EGGLETON, 2000), enquanto *Heterotermes* ocorre em todas as regiões do Brasil e se

adapta a diversos tipos de habitats, com a espécie *H. sulcatus* sendo considerada generalista (CONSTANTINO, 1999; MÉLO & BANDEIRA, 2007).

A área ALM tem o registro em torno de 30 espécies de térmitas (somatório incluindo as ocorrências da estação seca e chuvosa), sendo 26 espécies reportadas por Vasconcellos et al. (2010), a partir da utilização do protocolo de amostragem padrão, o qual abrange diferentes habitats (descrito por Jones & Eggleton, 2000) e 10 espécies sendo reportadas por Araújo et al. (2015), utilizando o mesmo protocolo de amostragem aqui apresentado (monólitos), sendo restrito ao solo. Somando o nosso inventário faunístico com o de Araújo et al. (2015), totaliza 12 espécies de térmitas ocorrendo no solo de ALM, com o compartilhamento de quatro espécies (*Anoplotermes* sp., *A. amifer*, *A. aporema* e *H. sulcatus*).

Registrrou-se a mesma riqueza e uma composição de espécies semelhante em ALM e FSP (área de 60% de vegetação natural) com sete espécies cada, embora tenha ocorrido uma baixa abundância de térmitas na FSP. Nosso estudo foi o pioneiro na FSP em amostragem de térmitas do solo. Essa semelhança da FSP com ALM pode ser um indicativo de conservação florestal dessa área, visto que ALM é um dos mais conservados remanescentes de vegetação da região (BARBOSA et al., 2007; LIMA & BARBOSA, 2014).

A riqueza de espécies (3 spp) na área antropizada (SJC) é considerada baixa, comparada as outras duas áreas aqui amostradas e ao estudo de Mélo & Bandeira (2004) para essa mesma área, o qual reportou 24 espécies, embora os autores tenham utilizado um protocolo de amostragem ampliado (protocolo de amostragem padrão + uso de monólitos). A baixa riqueza de espécies em SJC pode ser atribuída à degradação dessa área (BARBOSA et al., 2007), visto que vários estudos mostram que a diversidade de térmitas tende a ser menor em áreas abertas ou perturbadas (EGGLETON et al., 1995; JONES, 2000; VASCONCELLOS et al., 2010). Considerando o inventário faunístico de Mélo & Bandeira (2004) e nossos resultados, houve o compartilhamento das espécies *A. amifer* e *H. sulcatus*, com esta última sendo destaque em ambos os estudos (no nosso pela maior abundância e no deles por ter sido a espécie mais frequente). Acredita-se que *H. sulcatus* seja uma das espécies xilófagas mais importantes na reciclagem de madeira morta na Estação Experimental de São João do Cariri (SJC), com a estimativa de consumo de madeira em uma colônia podendo chegar a quase 100 kg por ano (Mélo & Bandeira, 2004; 2007).

A abundância de térmitas amostrada no solo de ALM foi próxima ao registrado anteriormente para essa área (862 ind.m⁻²) por Araújo et al. (2015), visto que houve uma

diferença em torno de 11 anos no período de coleta entre os estudos. No entanto, a biomassa foi menor, apresentando valores abaixo do que o registrado anteriormente (ARAÚJO et al., 2015). A área FSP apresentou a menor abundância e biomassa entre as áreas. SJC apresentou a maior biomassa de térmitas entre as áreas e sua abundância não acompanhou essa tendência, com valores abaixo ao de ALM. Ainda assim, tanto o valor da abundância quanto o da biomassa de FSP e SJC foram superiores ao que foi reportado por Mélo & Bandeira (2004).

A distribuição dos térmitas não diferiu significativamente entre os estratos do solo, embora tenha ocorrido uma tendência de maior concentração de indivíduos nos perfis de 0 a 20 cm, o que também foi reportado por Araújo et al. (2015) na Caatinga. Considerando ecossistemas florestais úmidos, Bandeira & Vasconcellos (2002) propuseram que amostragens em profundidades de até 20 cm sejam razoáveis para pesquisas qualitativas nesses ecossistemas, o que também foi corroborado pelos estudos de Silva & Bandeira (1999), Tsukamoto & Sabang (2005) e Vasconcellos (2010).

Houve uma variação significativa da riqueza, abundância e biomassa entre os grupos alimentares, com uma menor riqueza e abundância do grupo IV (verdadeiros consumidores do solo) e maior biomassa do grupo II, sendo representado principalmente pelos consumidores da interface madeira-solo do gênero *Amitermes*. A baixa riqueza e abundância do grupo IV pode estar relacionada à dificuldade que espécies desse grupo podem apresentar de persistir no ambiente, visto que seu substrato alimentar possui uma baixa energia, o que exige eficiência na ingestão e assimilação, favorecendo tamanhos corporais maiores (EGGLETON et al., 1998; EGGLETON & TAYASU, 2001), que é o caso da espécie *Aparatermes* sp. No estudo de Eggleton et al. (1995), em um ecossistema florestal úmido, a abundância de térmitas consumidores da interface madeira-solo foi favorecida em parcelas onde havia queda natural de árvores na floresta secundária, e, apesar do nosso estudo não ter avaliado esse parâmetro, é possível que nas parcelas de amostragem tenha tido tal ocorrência de forma abundante.

A riqueza e a abundância de térmitas foram correlacionadas positivamente com a CTC, sendo a abundância correlacionada apenas de forma marginalmente significativa ($p < 0,1$). Essa associação pode ser devido ao impacto dos térmitas nas propriedades do solo (SANABRIA et al., 2016), sendo já reportado pela literatura que esses organismos podem afetar não só a composição física, mas também a química do solo através da bioturbação e acúmulo de suas estruturas (pelotas fecais, galerias e montículos) (BIGNELL & EGGLETON, 2000). Apesar dos parâmetros de concentração de argila e fertilidade do solo não terem sido mensurados, sabe-

se que altos valores de CTC contribuem para o aumento da absorção de nutrientes no solo e estão relacionados à concentração de argila, matéria orgânica e fertilidade geral do solo (ARSHAD, 1982; GARNIER-SILAM, 1991; ABE et al., 2009; SANABRIA et al., 2016). No estudo de Sanabria et al. (2016) em uma paisagem de Savana Colombiana, dentre vários fatores ambientais, a CTC foi o fator associado ao maior número de espécies de formigas, sendo duas positivamente e três negativamente, apesar de não ter tido associação com os térmitas da área. Vários estudos reportam um maior teor de CTC em montículos de térmitas, quando comparados com o solo adjacente (KHANIF et al., 1984; ASAWALAM et al., 1999; ABE et al., 2009; MUJINYA et al., 2010; PINHEIRO et al., 2017).

Apesar de estudos apontarem uma influência da umidade, matéria orgânica do solo e vegetação da área na distribuição de térmitas (tanto em florestas úmidas quanto em florestas secas) (NASH & WHITFORD, 1995; JONES et al., 2003; LAOSSI et al., 2008; ARAÚJO et al., 2010; AYUKE et al., 2011), nós não verificamos uma influência direta desses fatores, assim como também foi observado por Silva & Bandeira (1999), em uma área de floresta úmida. Ainda que não tenha sido analisado nesse estudo, sabe-se que a textura do solo também é importante no estabelecimento e manutenção de populações subterrâneas de térmitas, ocorrendo uma preferência por solos argilosos (LEE & WOOD, 1971; SENA et al., 2003).

Nossos resultados reforçam a importância da complexidade estrutural das paisagens sobre a taxocenose de térmitas e o impacto positivo desses organismos nas propriedades químicas do solo. Dessa forma, pode dar suporte a estudos na Caatinga que visem um desenvolvimento sustentável diante da necessidade de produção agrícola, visto que nessa região a pobreza humana e a degradação da terra estão interligadas (SILVA et al., 2017). Em um estudo recente envolvendo as três áreas aqui avaliadas (SJC, FSP e ALM), viu-se que paisagens com complexidade intermediária (como a FSP) são mais eficientes para produzir alimentos, água e energia, e que as agroflorestas sustentáveis em áreas tropicais secas devem ter pelo menos 50% de vegetação natural para manter o fluxo de serviços essenciais do ecossistema (DE ARAUJO et al., 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento da termitofauna de solo nas áreas de Caatinga aqui apresentado é importante para corroborar com a caracterização faunística dessas áreas e como um possível indicativo ambiental de sua conservação.

Nossos resultados reforçam o potencial dos térmitas como bioindicadores de qualidade ambiental e sugerem uma elevada importância do remanescente florestal da FSP para a taxocenose de térmitas, devido à semelhança dessa taxocenose com um dos remanescentes mais conservados da Caatinga (ALM). Estudos adicionais na FSP, de outros grupos da fauna de solo são necessários, para aumentar o suporte da importância de sua conservação.

O possível impacto dos térmitas nas propriedades químicas do solo pode afetar a concentração de nutrientes nesse ambiente e ressalta a importância que esses organismos podem exercer nos ecossistemas semiáridos.

Visto que poucos estudos realizados na Caatinga abordaram a distribuição vertical dos térmitas no perfil do solo, e considerando a importância dos mesmos nos processos ecológicos relacionados ao fluxo de energia e ciclagem de nutrientes, recomenda-se uma ampliação dessa abordagem para outras áreas. Dessa forma, maiores comparações poderão ser realizadas, permitindo um melhor entendimento dos processos ecossistêmicos mediados por esses organismos em ecossistemas semiáridos.

REFERÊNCIAS

- ABE, S. S.; YAMAMOTO, S.; WAKATSUKI, T. Physicochemical and morphological properties of termite (*Macrotermes bellicosus*) mounds and surrounding pedons on a toposequence of an inland valley in the southern Guinea savanna zone of Nigeria. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 55, n. 4, p. 514-522, 2009.
- ALLEN, S. E.; GRISHALL, H. M.; PARKINSON, J. A & QUARNBY, C. Analysis of soil. In: ALLEN, S.E (eds). **Chemical analysis of ecological materials**. Blackwell Scientific publications, London, 1974.
- ALVES, J. J. A. Caatinga do Cariri Paraibano. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 19-25, 2009.
- ANDERSON, J. M. & INGRAM, J. S. M. **Tropical Soil Biology and Fertility**: a Handbook of Methods. UNESCO / IUBS, p. 77, 1989.
- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 4, p. 149–153, 1981.
- ANDRADE, L. A.; REIS, M. G.; REIS, G. G. Classificação ecológica do Estado da Paraíba: interpolação de dados climáticos por aproximação numérica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 23-32, 1999.
- ARAÚJO, V. F. P.; BANDEIRA, A. G.; VASCONCELLOS, A. Abundance and stratification of soil macroarthropods in a Caatinga Forest in Northeast Brazil. **Brazilian journal of biology**, v. 70, n. 3, p. 737-746, 2010.
- ARAÚJO, V.; SILVA, M. P.; VASCONCELLOS, A. Soil-sampled termites in Two Contrasting Ecosystems within the Semiarid Domain in Northeastern Brazil: Abundance, Biomass, and Seasonal Influences. **Sociobiology**, v. 62, n. 1, p. 70-75, 2015.
- ARAUJO, H. F.; MACHADO, C. C.; PAREYN, F. G.; DO NASCIMENTO, N. F.; ARAÚJO, L. D.; DE AP BORGES, L. A.; ... & DA SILVA, J. M. C. A sustainable agricultural landscape model for tropical drylands. **Land Use Policy**, v. 100, p. 104913, 2021.
- ARSHAD, M. A. Influence of the termite *Macrotermes michaelsoni* (Sjöst) on soil fertility and vegetation in a semi-arid savannah ecosystem. **Agro-ecosystems**, v. 8, n. 1, p. 47-58, 1982.

- ASAWALAM, D. O.; OSODEKE, V. E.; KAMALU, O. J.; UGWA, I. K. Effects of termites on the physical and chemical properties of the acid sandy soils of southern Nigeria. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 30, n.11-12, p. 1691-1696, 1999.
- AYUKE, F. O.; BRUSSAARD, L.; VANLAUWE, B.; SIX, J.; LELEI, D. K.; KIBUNJA, C. N.; PULLEMAN, M. M. Soil fertility management: impacts on soil macrofauna, soil aggregation and soil organic matter allocation. **Applied Soil Ecology**, v. 48, n. 1, p. 53-62, 2011.
- BANDEIRA, A. G. & VASCONCELLOS, A. A quantitative survey of termites in a gradient of disturbed highland forest in northeastern Brazil (Isoptera). **Sociobiology**, v. 39, n. 3, p. 429-440, 2002.
- BANDEIRA, A. G.; VASCONCELLOS, A.; SILVA, M. P.; CONSTANTINO, R. Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga domain, Brazil. **Sociobiology**, v. 42, n.1, p. 117-128, 2003.
- BARBOSA, M. R. V.; LIMA, I. B.; LIMA, J. R.; CUNHA, J. P.; AGRA, M. F.; THOMAS, W. W. Vegetação e flora no Cariri paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, n. 3, p. 313-322, 2007.
- BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. **Journal of Statistical Software**, v. 67, n. 1, p. 1-48, 2015.
- BARTON, K. **MuMIn: Multi-Model Inference**. R package version 1.42.1. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>>. Acesso em: 10 fev 2020.
- BEUCHLE, R.; GRECCHI, R. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; SELIGER, R.; EVA, H. D.; SANO, E.; ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p.116-127, 2015.
- BIGNELL, D. E. & EGGLETON, P. Termites in ecosystems. In: ABE, T.; HIGASHI, M.; BIGNELL, D. E. (Orgs.) **Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis, Ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publications, p. 363-387, 2000.

BOURGUIGNON, T.; ŠOBOTNÍK, J., DAHLSJÖ, C. A.; ROISIN, Y. The soldierless Apicotermittinae: insights into a poorly known and ecologically dominant tropical taxon. **Insectes sociaux**, v. 63, n. 1, p. 39-50, 2016.

BUXTON, R. D. Termites and the turnover of dead wood in an arid tropical environment. **Oecologia**, v. 51, n. 3, p. 379-384, 1981.

CANCELLO, E. M.; SILVA, R. R.; VASCONCELLOS, A. & REIS, Y. T. Latitudinal Variation in Termite Species Richness and Abundance along the Brazilian Atlantic Forest Hotspot. **Biotropica (Lawrence, KS)**, v. 46, p. 441-450, 2014.

COIMBRA-FILHO, A. F. & CÂMARA, I. G. **Os limites originais do bioma Mata Atlântica na região Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para Conservação da Natureza, p. 86, 1996.

CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de Cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papéis avulsos de Zoologia**, v. 40, n. 25, p. 387-448, 1999.

CONSTANTINO, R. Padrões de diversidade e endemismo de térmitas no bioma Cerrado. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 319-333, 2005.

COUTO, A. A. V. D. O.; MONTES, M. A.; CHAVES, R. E. C. R. D.; VASCONCELLOS, A. Sharing of termites (Blattodea: Isoptera) between sugarcane matrices and Atlantic Forest fragments in Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 63, n. 2, p. 108-111, 2019.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Prata, estado da Paraíba/ Recife: CPRM/PRODEEM**, p. 1-22, 2005.

DAVIES, R. G.; HERNÁNDEZ, L. M.; EGGLETON, P.; DIDHAM, R. K.; FAGAN, L. L. & WINCHESTER, N. N. Environmental and spatial influences upon species composition of a termite assemblage across neotropical forest islands. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, p. 509–524, 2003.

DONOVAN, S. E.; EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E. Gut content analysis and a new feeding group classification of termites (Isoptera). **Ecological Entomology**, v. 26, p. 356–366, 2001.

EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E.; SANDS, W. A.; WAITE, B.; WOOD, T. E.; LAWTON, J. H. The species richness of termites (Isoptera) under differing levels of forest disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, n. 1, p. 85-98, 1995.

EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E.; SANDS, W. A.; MAWDSLEY, N. A.; LAWTON, J. H.; WOOD, T. G.; BIGNELL, N. C. The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 351, n. 1335, p. 51-68, 1996.

EGGLETON, P.; DAVIES, R. G.; BIGNELL, D. E. Body size and energy use in termites (Isoptera): the responses of soil-feeders and wood-feeders differ in a tropical forest assemblage. **Oikos**, v. 81, n.3, p. 525–530, 1998.

EGGLETON, P. Global patterns of termite diversity. In: **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**. Springer, Dordrecht, p. 25-51, 2000.

EGGLETON, P. & TAYASU, I. Feeding groups, life types and the global ecology of termites. **Ecological Research**, v. 16, n. 5, p. 941-960, 2001.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v. 34, p. 487– 515, 2003.

FAO. FRA 2000: On Definitions of Forest and Forest Change. **Forest Resources Assessment Programme Working Paper**, v. 33, Rome, Italy. p. 479, 2000.

FERREIRA, E. V. O.; MARTINS, V.; INDA JUNIOR, A. V.; GIASSON, E. & NASCIMENTO, P. C. Ação dos térmitas no solo. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p. 804-811, 2011.

FERRY, B. Distribution of the important litter decomposing termites (Isoptera) in the Western Ghats of Karnataka (India). **Pedobiologia**, v. 36, p. 193-211, 1992.

FICK, S. E. & HIJMANS, R. J. WORLDCLIM 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, 2017.

GARNIER-SILLAM, E. Comparative physico-chemical analyses of soil-feeding *Thoracotermes Macrothorax* and fungus-growing *Macrotermes Mulleri* termite mounds. In: **Developments in Geochemistry**. Elsevier, p. 495-506, 1991.

GATHORNE-HARDY, F. J.; SYAUKANI; EGGLETON, P. The effects of altitude and rainfall on the composition of the termites (Isoptera) of the Leuser Ecosystem (Sumatra, Indonesia). **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 379–393, 2001.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. **Atlas geográfico do estado da Paraíba**. João Pessoa: Grafset, p. 100, 1985.

HAZELTON, P. & MURPHY, B. (eds). **Interpreting Soil Test Results: What do all the Numbers Mean?** 3rd edition. CSIRO Publishing, p. 200, 2016.

HOLT, J. A. & COVENTRY, R. J. Nutrient cycling in Australian savannas. **Journal of Biogeography**, v. 17, p. 427–432, 1990.

HOLT, J. A. & LEPAGE, M. Termites and Soil Properties. In: ABE, T.; HIGASHI, M.; BIGNELL, D. E. (Orgs.) **Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis, Ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publications, p. 389–407, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de informações básicas municipais**. Perfil dos estados e dos municípios brasileiros: cultura 2014. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

JONES, D. T. & EGGLETON, P. Sampling termite assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol. **Journal of Applied Ecology**, v. 37, p. 191–203, 2000.

JONES, D. T.; SUSILO, F. X.; BIGNELL, D. E.; HARDIWINOTO, S.; GILLISON, A. N.; EGGLETON, P. Termite assemblage collapse along a land-use intensification gradient in lowland central Sumatra, Indonesia. **Journal of Applied Ecology**, v. 40, p. 380–391, 2003.

KHANIF, Y. M.; VAN CLEEMPUT, O.; BAERT, L.; CALUS, A. Seasonal fluctuation of some cations in the groundwater of sandy soils of Belgium. **Pédologie**, p. 125, 1984.

KUZNETSOVA, A.; BROCKHOFF, P. B.; CHRISTENSEN, R. H. B. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. **Journal of Statistical Software**, v. 82, n. 13, p. 1–26, 2017.

LAOSSI, K. R.; BAROT, S.; CARVALHO, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P.; MARTINS, M.; ... & VELASQUEZ, E. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. **Pedobiologia**, v. 51, n. 5–6, p. 397–407, 2008.

- LEE, K. E. & WOOD, T. **Termites and soils**. London and New York: Academic Press, p. 251, 1971.
- LIMA, I. B. & BARBOSA, M. R. V. Composição florística da RPPN Fazenda Almas, no Cariri paraibano, Paraíba, Brasil. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 23, p. 49-67, 2014.
- MANDO, A. & MIEDEMA, R. Termite-induced change in soil structure after mulching degraded (crusted) soil in the Sahel. **Applied Soil Ecology**, v. 6, n. 3, p. 241-249, 1997.
- MÉLO, A. C. S. & BANDEIRA, A. G. A qualitative and quantitative survey of termites (Isoptera) in an open shrubby Caatinga in Northeast Brazil. **Sociobiology**, v. 43, p. 707-716, 2004.
- MÉLO, A. C. S. & BANDEIRA, A. G. Consumo de madeira por *Heterotermes sulcatus* (Isoptera: Rhinotermitidae) em ecossistema de Caatinga no Nordeste do Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 350-355, 2007.
- METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN JR., L.; VALADARES-PÁDUA, C.; RUDRAN, R. (Eds.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Editora Universidade Federal do Paraná, p. 423-453, 2006.
- MUJINYA, B. B.; VAN RANST, E.; VERDOODT, A.; BAERT, G.; NGONGO, L. M. Termite bioturbation effects on electro-chemical properties of Ferralsols in the Upper Katanga (DR Congo). **Geoderma**, v. 158, n. 3-4, p. 233-241, 2010.
- NASCIMENTO, S. S. & ALVES, J. J. A. ECOCLIMATOLOGIA DO CARIRI PARAIBANO. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, n. 3, p. 28-41, 2008.
- NASH, M. H. & WHITFORD, W. G. Subterranean termites: regulators of soil organic matter in the Chihuahuan Desert. **Biol. Fertil. Soils**, v. 19, p. 15-18, 1995.
- OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. vegan: **Community Ecology Package**. R package version 2.5-2. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>. Acesso em 10 de fev 2020.

OLIVEIRA, F. X.; ANDRADE, L. A.; FELIX, L. P. Comparações florísticas e estruturais entre comunidades de Floresta Ombrófila Aberta com diferentes idades, no município de Areia, PB, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 861-873, 2006.

PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **J. Biogeogr.**, v. 27, p. 261, 2000.

PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical savannas and seasonally dry forests. In: Pennington RT, Lewis GP, Ratter JA eds. **Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography and conservation**. The Systematics Association Special Volume, Series 69. Boca Raton: CRC Press, p.1–29, 2006.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S. S.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Parcerias Estratégicas**, v. 17, n. 4, p. 87-106, 2012.

PILLANS, B.; SPOONER, N.; CHAPPELL, J. The dynamics of soils in north Queensland: rates of mixing by termites determined by single grain luminescence dating. In: ROACH, I. C. (Ed.). **Regolith and landscapes in eastern Australia**. Canberra: CRC LEME, p. 100-101, 2002.

PINHEIRO, L. B. A.; CAMARA, R.; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; CORREIA, M. E. F.; MARTINS, C. M.; ... & MENEZES, C. E. G. Effect of termite activity on soil under different land management strategies. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 143-156, 2017.

PRADO, D. E. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographical unit. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 57, n. 3, p. 437, 2000.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: I. R. Leal, M. Tabarelli. & J.M.C. Silva (Eds), **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, p. 3-73, 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2008.

REIS, Y. T. & CANCELLO, E. M. Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 97, p. 229-234, 2007.

REVELLE, W. R. **psych: Procedures for Personality and Psychological Research**. Northwestern University, Evanston, Illinois, USA. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=psych>>. Acesso em 15 fev. 2020.

ROCHA, M. M. & CANCELLO, E. M. Comparative anatomy of the gut of the South American species of *Amitermes*, with description of two new species and an identification key based on soldiers and workers. **Zootaxa**, v. 4751, n. 1, 2020.

SANABRIA, C.; DUBS, F.; LAVELLE, P.; FONTE, S. J.; BAROT, S. Influence of regions, land uses and soil properties on termite and ant communities in agricultural landscapes of the Colombian Llanos. **European journal of soil biology**, v. 74, p. 81-92, 2016.

SANTOS-FILHO, M.; PERES, C.A.; da SILVA, D.J.; SANAIOTTI, T. M. Habitat patch and matrix effects on small-mammal persistence in Amazonian forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 4, p. 1127–1147, 2012.

SENA, J. M.; VASCONCELLOS, A.; GUSMÃO, M. A. B.; BANDEIRA, A. G. Assemblage of termites in a fragment of Cerrado on the coast of Paraíba State, Northeast Brazil (Isoptera). **Sociobiology**, v. 42, n. 3, p.753-760, 2003.

SPAIN, A. V.; SINCLAIR, D. F.; DIGGLE, P. I. Spatial distributions of the mounds of harvester and forager termites (Isoptera: Termitidae) at four locations in tropical north-eastern Australia. **Acta Oecologica**, v. 74, p. 335-352, 1986.

SILVA, E. G. & BANDEIRA, A. G. Abundância e distribuição de cupins (Insecta: Isoptera) em solo de Mata Atlântica, João Pessoa, Paraíba, Brasil. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 13, n. 1-2, p. 13-36, 1999.

SILVA, I. R. & MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, p. 275-374, 2007.

SILVA, J. M. C.; BARBOSA, L. C. F.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. The Caatinga: understanding the challenges. In: **Caatinga. The largest tropical dry forest region in South America**. Springer, Cham, p. 3-19, 2017.

SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (Ed.). **Caatinga. The largest tropical dry forest region in South America**. Springer, Cham, 2018.

SOUSA, R. F.; BARBOSA, M.; CARVALHO, A.; SOUSA JÚNIOR, S.; ALENCAR, M. L. Geotecnologia no estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do Município de São João do Cariri–PB. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 4, n. 2, 2007.

STATISTICA FOR WINDOWS. **General conventions and statistics**. Tulsa, StatSoft, Inc, 1995.

STORK, N. E. & EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American journal of alternative agriculture**, p. 38-47, 1992.

THORNE, B. L. & HAVERTY, M. I. Nest growth and survivorship in three species of neotropical *Nasutitermes* (Isoptera: Termitidae). **Environmental Entomology**, v. 29, n. 2, p. 256-264, 2000.

TSUKAMOTO, J. & SABANG, J. Soil macro-fauna in an *Acacia mangium* plantation in comparison to that in a primary mixed dipterocarp forest in the lowlands of Sarawak, Malaysia. **Pedobiologia**, v. 49, n. 1, p. 69-80, 2005.

VASCONCELLOS, A. Biomass and abundance of termites in three remnant areas of Atlantic Forest in northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 3, p. 455–461, 2010.

VASCONCELLOS, A.; MÉLO, C. A. S.; SEGUNDO, E. M. V.; BANDEIRA, A. G. Cupins de duas florestas de restinga do nordeste brasileiro. **Iheringia**, v. 95, n. 2, p. 127-131, 2005.

VASCONCELLOS, A.; BANDEIRA, A. G.; MOURA, F. M. S.; ARAUJO, V. F. P.; GUSMÃO, M. A. B.; CONSTANTINO, R. Termite assemblages in three habitats under different disturbance regimes in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 298-302, 2010.

WOOD, T. G. Termites and the soil environment. **Biol. Fertil. Soils.**, v. 6, p. 228-236, 1988.

WOOD, T. G. The agricultural importance of termites in the tropics. **Agricultural Zoology Reviews**, v. 7, p. 117-155, 1996.