



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA – PPGA
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA**

DAYANE VALESSA BARROS FROZ

**INVERTEBRADOS DO SOLO E DA PARTE AÉREA NAS ROÇAS DE ARROZ
(*Oryza sativa*): IMPACTOS DO POUSIO MELHORADO COM SABIÁ (*Mimosa
caesalpiniiifolia*) E DO MANEJO DE FOGO E NUTRIENTES**

**SÃO LUÍS – MA
Março/2022**

DAYANE VALESSA BARROS FROZ

**INVERTEBRADOS DO SOLO E DA PARTE AÉREA NAS ROÇAS DE ARROZ
(*Oryza sativa*): IMPACTOS DO POUSSO MELHORADO COM SABIÁ (*Mimosa
caesalpinifolia*) E DO MANEJO DE FOGO E NUTRIENTES**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Christoph Gehring

**São Luís-MA
2022**

Froz, Dayane Valessa Barros.

Invertebrados do solo e da parte aérea nas roças de arroz (*Oryza sativa*): impactos do pousio melhorado com sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e do manejo de fogo e nutrientes / Dayane Valessa Barros Froz. – São Luís, 2023.

54 f

Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Estadual do Maranhão, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Cristoph Gehring.

1.Artrópodes. 2.Bioindicadores. 3.Fauna edáfica. 4.Leguminosa. I.Título

CDU: 633.18-29

DAYANE VALESSA BARROS FROZ

**INVERTEBRADOS DO SOLO E DA PARTE AÉREA NAS ROÇAS DE ARROZ
(*Oryza sativa*): IMPACTOS DO POUSIO MELHORADO COM SABIÁ (*Mimosa
caesalpinifolia*) E DO MANEJO DE FOGO E NUTRIENTES**

Aprovada em 29/04/2022

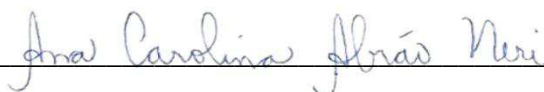
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Christoph Gehring (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA



Prof.ª Dr Ester Azevedo do Amaral
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA



Prof.ª Dr. Ana Carolina Abrão Neri
Universidade Federal do Maranhão – UFMA/COLUN

**São Luís- MA
2022**

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência. Obrigada por me permitir errar, aprender e crescer, por Sua eterna soberania em minha vida, por Seu infinito amor.

Ao meu orientador, prof. Dr. Christoph Gehring pelas suas correções e incentivos, confiança, conselhos, sugestões na escrita e por aceitar encarar esse desafio de orientação.

Aos meus pais Rosana Froz e Alex Froz, e minha irmã, pelo amor, incentivo e apoio incondicional, por serem essenciais na minha vida e a toda minha família.

Gostaria de deixar o meu profundo agradecimento a prof. ^a Dra. Ester do Azevedo Amaral. Obrigada por acreditar em mim e pelos tantos elogios e incentivos. Tenho certeza que não chegaria neste ponto sem o seu apoio. Você foi e está sendo muito mais que uma professora: para mim, será sempre uma grande amiga.

Aos meus amigos de trabalho e parceiros de pesquisa Odenilson Lima, Luciana Silva, Yan Duarte, Gilvania Sousa e Prof. Yone Lima por toda ajuda e apoio durante este período de pesquisa.

A equipe da EMA, aos técnicos de campo Raimundo Santos e Chicão.

Aos amigos de laboratório de Entomologia/Acarologia Taynara Cruz, Ana Carol Sousa, Rayanne Soeiro e Vitória Karla pelo companheirismo, apoio e convivência do dia-a-dia à base de muito café.

Às minhas queridas amigas Rakel Braga, Josielma Silva e Cíntia Pacheco pelo apoio e palavras de ânimo e por longas conversas que edificaram minha vida.

Ao meu querido, João Francisco pelo suporte e apoio durante essa caminhada por seguir comigo, acreditando que eu conseguiria.

À Rayane Cristine pela atenção e apoio oferecidos durante todo o Curso de Mestrado.

Ao CNPq e FAPEMA pelo apoio através de bolsa para realização da pesquisa.

Por fim, todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Precipitação mensal e eventos de amostragem durante o período de estudo, registrados na estação meteorológica de Bacabal	35
Figura 2 – Diversidade de Shannon-Wiener da macrofauna da superfície do solo nas quatro ocasiões de amostragem desde estudo (medianas, percentis 25/75 e variações).....	36
Figura 3 – Porcentagem de aracnídeos em amostras de mesofauna do solo superficial na fase de antese do arroz de 2020, as letras referem-se ao teste post-hoc de Spjotfoll-Stoline	38
Figura 4 – Efeitos da vegetação de pousio anterior na contagem total de artrópodes em plantas de arroz em 2020 e 2021	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais classificações funcionais publicadas em animais do solo. Em parte, baseado em Briones (2014)	15
Tabela 2 – Médias e medianos (\pm erro padrão), da mesofauna na Berlese, seguido dos valores de abundância, riqueza, índices de Shannon, Simpson e Pielou nas roças do 1º vs. 2º ano de produção	36
Tabela 3 – Principais grupos taxonômicos, densidade médias e medianos (\pm erro padrão), da macrofauna na armadilha Pitfall, seguido dos valores de abundância, riqueza, índices de Shannon, Simpson e Pielou nas roças do 1º vs. 2º ano de produção	38

RESUMO

A intensificação do uso e consequente degradação do solo em regiões do nordeste do Brasil tem aumentado na última década, resultando na perda da fertilidade natural do solo. O melhoramento de pousio com espécies leguminosas pode contribuir para a recuperação da fertilidade química e biológica do solo, contribuindo na conservação de sua biodiversidade edáfica em comparação com a vegetação espontânea. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos de pousio melhorado por 6-7 anos com a leguminosa arbórea nativa Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) sobre a abundância e diversidade da biota do solo e da parte aérea em campos de arroz de terras altas. As áreas experimentais estão localizadas no município de Pirapemas – MA, o esquema experimental foi de split-plot, com tratamento principal (após sabiá vs. após capoeira espontânea), sub-divididas em quatro sub-parcelas (controle, corte e queima, adubação NPK e adubação ureia) e plantados com arroz nos anos agrícolas de 2020 e 2021. Para avaliação da mesofauna, utilizaram-se anéis para coleta do solo, posteriormente colocados no Funil de Berlese-Tullgren por sete dias. Na avaliação da macrofauna, utilizou-se armadilhas de queda (Pitfall-traps), enterradas ao nível da superfície do solo durante 24h. Para avaliação dos artrópodes na parte aérea foram coletadas plantas de arroz através do ataque direto e acondicionadas em sacos de papel. Em seguida todo material coletado foi conduzido ao laboratório de Entomologia/Acarologia para as etapas de lavagem, triagens e identificação taxonômica. Dentre a vegetação analisada, a leguminosa sabiá e capoeira espontânea no cultivo de arroz não apresentaram efeitos significativos sobre a abundância e diversidade da biota do solo e parte aérea em campos de arroz. Em contrapartida, a mesofauna edáfica apresentou a maior diversidade em áreas com leguminosa arbórea sabiá. A macrofauna do solo foi favorecida com maior diversidade em áreas de capoeira espontânea. A maior frequência de artrópodes ocorreu nas categorias taxonômicas Collembola, Araneae e Coleoptera nos diferentes tratamentos e sub-tratamentos. Com base na análise de diversidade, abundância e frequência relativa pode-se concluir que os artrópodes são afetados por diferentes condições de uso e manejo do solo.

Palavra-chaves: Artrópodes; Bioindicadores; Fauna edáfica; Leguminosa.

ABSTRACT

The intensification of soil use and consequent degradation in regions of northeastern Brazil has increased in the last decade, resulting in the loss of natural soil fertility. The improvement of fallow with leguminous species can contribute to the recovery of chemical and biological fertility of the soil, contributing to the conservation of its edaphic biodiversity compared to spontaneous vegetation. In this context, the objective of this work was to investigate the effects of improved fallow for 6-7 years with the native tree legume Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) on the abundance and diversity of soil and aerial part biota in paddy rice fields. tall. The experimental areas are located in the municipality of Pirapemas - MA, the experimental scheme was a split-plot, with the main treatment (after sabiá vs. after spontaneous capoeira), subdivided into four sub-plots (control, cutting and burning, fertilization NPK and urea fertilization) and planted with rice in the growing years of 2020 and 2021. To evaluate the mesofauna, soil collection rings were used, subsequently placed in the Berlese-Tüllgren Funnel for seven days. In the evaluation of the macrofauna, pitfall traps were used, buried at the soil surface level for 24 hours. For the evaluation of arthropods in the aerial part, rice plants were collected through direct attack and placed in paper bags. Then, all collected material was taken to the Entomology/Acarology laboratory for washing, screening and taxonomic identification. Among the analyzed vegetation, the thrush legume and spontaneous weeds in rice cultivation did not show significant effects on the abundance and diversity of biota in the soil and part of the area in rice fields. On the other hand, the edaphic mesofauna showed the greatest diversity in areas with thrush tree legume. Soil macrofauna was favored with greater diversity in spontaneous capoeira areas. The highest frequency of arthropods occurred in the taxonomic categories Collembola, Araneae and Coleoptera in the different treatments and sub-treatments. Based on the analysis of diversity, abundance and relative frequency, it can be concluded that arthropods are affected by different conditions of soil use and management.

Key words: Arthropod fauna; Bioindicators; Edaphic fauna, Leguminous.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Invertebrados.....	11
2.2 Fauna do solo	12
2.3 Invertebrados do solo e os serviços ecossistêmicos.....	13
2.4 Arroz.....	16
2.5 Uso e manejo do solo em regiões tropicais úmidas.....	17
2.6 Uso do fogo, nutrientes e interações.....	18
2.7 Pousio melhorado (<i>Mimosa caesalpinifolia</i> - Sabiá).....	20
REFERÊNCIAS	22
CAPÍTULO 2	33
Materials and methods	35
Study Region:.....	35
Field Experiment:.....	37
Fauna sampling and analyses:.....	37
Statistics:.....	38
Results	38
Fauna on the soil surface	39
Topsoil mesofauna	42
Arthropod fauna on aboveground rice plant (from 'surprise attack').....	44
Discussion	46
REFERENCIAS	47
ANEXO	52

CAPÍTULO 1

Considerações Gerais

1. INTRODUÇÃO

A agricultura itinerante e a degradação do solo são alguns dos principais problemas ambientais no Maranhão, assim como em grande parte dos trópicos úmidos (MOURA, 2004). Isto se deve a intensa e frequente prática agrícola mais comum, o corte e queima, sem um período suficiente de pousio para recuperação do solo (JAKOVAC et al., 2016) que resulta na baixa produtividade agrícola.

O plantio de leguminosas arbóreas na vegetação de pousio tem sido proposto como estratégia de grande potencial para reflorestamento em solos tropicais degradados (MELO et al., 2018), além de contribuir para o aumento da biodiversidade do solo (GAMA-RODRIGUES et al., 2008; MANHÃES et al., 2013), estoque de carbono (GAMA-RODRIGUES et al., 2008; COSTA et al., 2014) e benefícios socioeconômicos (RIBASKI et al., 2003).

O sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) é nativo do Nordeste do Brasil, caracterizado pelo rápido crescimento, alta capacidade de regeneração e grande potencial para a recuperação da fertilidade química e biológica do solo (MANHÃES et al., 2013; RESENDE et al., 2013; GOMES et al., 2018), deste modo podendo ajudar na produtividade e fertilidade agrícola do próximo ciclo de cultivo de agricultura itinerante.

Um ambiente edáfico equilibrado mantém a produtividade de culturas e o bom funcionamento ecológico e de seus sistemas biológicos (MOREIRA et al., 2013). O manejo da interação planta-organismo edáfico pode ser uma estratégia viável e de baixo custo para desenvolver as melhores formas de recuperação de áreas degradadas com um manejo ecoeficiente. A fauna edáfica é um excelente indicador de qualidade do solo, pelo fato destes organismos serem bastante sensíveis às pequenas mudanças no ecossistema (SANTOS, 2020).

A fauna edáfica atua diferencialmente na ciclagem de nutrientes pela quebra de materiais orgânicos, na regulação de comunidades biológicas por meio de suas redes tróficas e na estruturação do solo pelas atividades de alimentação e escavação, resultando em melhorias das propriedades químicas, físicas e biológicas no solo (MENTA, 2012; CULLINEY, 2013). Neste sentido, várias foram as pesquisas desenvolvidas que utilizaram a fauna edáfica como indicadora da qualidade em diferentes condições de uso e manejo do solo (BRITO et al., 2016; SANTOS et al., 2016; SCORIZA e CORREIA, 2016; RODRIGUEZ et al., 2016; CARVALHO et al., 2016; MARTINS et al., 2017).

De acordo com Yoneyama, Ohkura e Matsumoto (2015), o uso eficaz de resíduos de culturas, como a leguminosa Sabiá, para melhorar a fertilidade do solo, pode ser acelerado pela

atividade da fauna edáfica (por exemplo, minhocas, colêmbolos e cupins) e microorganismos (como fungos saprófitos, protozoários e bactérias) favorecendo com que os nutrientes sejam absorvidos diretamente pelas raízes das plantas. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos de pousio melhorado por 6-7 anos com a leguminosa arbórea nativa Sabiá (*M. caesalpinifolia*) sobre a abundância e diversidade da biota do solo e parte aérea em campos de arroz de terras altas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Invertebrados

Todos os animais desprovidos de coluna vertebral de origem notocordal são agrupados como invertebrados. Esse grupo não monofilético inclui todos os filos do Reino Animal, com exceção de Chordata. Os invertebrados correspondem a maior biodiversidade na Terra, totalizam cerca de 99% das espécies animais viventes no planeta (BRUSCA et al., 2018).

Os invertebrados desempenham um papel significativo na sustentabilidade do ecossistema, pois são a base de todos os serviços ecológicos (RATHORE; JASRAI, 2013). Estes animais ocupam muitos nichos tróficos importantes em comunidades naturais, sua diminuição ou alteração (da diversidade e abundância) pode ter fortes efeitos em muitas funções e serviços do ecossistema, desde a produtividade primária até a polinização e o controle de pragas (EISENHAUER, BONN, GUERRA, 2019).

Os invertebrados são bioindicadores funcionais para determinar a estabilidade do agroecossistema, do mesmo modo que são indicadores capazes de medir distúrbios de diferentes paisagens agrícolas (MAJEED et al., 2019; NASEEM et al., 2020). O estudo da diversidade dos invertebrados nos diferentes sistemas ecológicos, sejam eles naturais ou antropizados, são cada vez mais presentes no meio científico, principalmente devido à importância da aplicação dos conhecimentos na conservação, manejo, e em desenho de sistemas de produção mais sustentável (GUIMARÃES et al., 2013).

Em diversas paisagens agrícolas, sustenta-se uma elevada diversidade dos organismos invertebrados que podem exercer atividade fitófaga, predadora, parasítica ou detritívora. Os invertebrados fitófagos alimentam-se das plantas tornando-se um potencial causador de danos irreversíveis, adquirindo assim a designação de pragas quando causam prejuízos nas culturas (SCHOWALTER, 1995).

A ação dos invertebrados predadores e parasitoides contribui de forma decisiva para a manutenção de algumas pragas em níveis populacionais abaixo do nível de dano econômico. Outros invertebrados assumem especial importância no ecossistema agrário visto que podem

atuar na decomposição da matéria orgânica, na disseminação de pólen, na ciclagem de nutrientes e na dispersão de sementes (NASARE, 2018). A manutenção do equilíbrio entre estes grupos funcionais é de grande importância, dado que a biodiversidade funcional desempenha atividades que podem manter a sustentabilidade do agroecossistema (ALTIERI, 1999).

2.2 Fauna do solo

Fauna do solo refere-se à comunidade de invertebrados que vive permanentemente ou que passa um ou mais ciclos de vida no solo. Exercem papel fundamental na fragmentação e decomposição de material orgânico e na regulação de populações de microrganismos (BROWN et al., 2015). A fauna edáfica é classificada em três grupos principais, sendo eles a microfauna, a mesofauna e macrofauna do solo (MELO et al., 2009).

A microfauna do solo compreende os organismos invertebrados aquáticos que vivem no filme de água do solo, cujo tamanho é inferior a 0,02 mm (LAVELLE, 1997). Este grupo é composto especialmente por protozoários e nematóides que se alimentam preferencialmente de fungos e bactérias e podem ter um efeito positivo ou negativo na atividade microbiana (CROWTHER et al. 2012; GERGÓCS; HUFNAGEL, 2016). Esses organismos têm sua contribuição de nicho para o solo desde a ciclagem de nutrientes até a estrutura e formação (CARDOSO, 2016). A microfauna pode decompor o material dentro do solo, esses organismos também realizam pastoreio nas raízes das plantas para induzir a excreção de exsudatos, o que contribui para o enriquecimento do solo e aumento da microfauna (NADARAJAH, 2019).

A mesofauna também é composta por invertebrados de tamanho reduzido (0,02 mm a 2 mm), representada por enquitreídeos, ácaros, colêmbolos, Diplura, Protura, sínfilos, Pauropoda, pequenos insetos e aranhas, entre outros artrópodes pequenos (BROWN et al., 2015) tendo como hábitos alimentares predominantes de serem detritívoros, fungívoros e/ou predadores. Às espécies deste grupo tem sido atribuída a função de reguladores dos processos de decomposição do material orgânico depositado no solo, visto que participam do fracionamento e consumo de resíduos vegetais da serrapilheira, favorecendo o ataque microbiano devido aumentarem a superfície de contato dos materiais e, conseqüentemente, a taxa de decomposição e liberação de nutrientes para o solo (ALVES et al., 2017).

A macrofauna compreende as minhocas, cupins, formigas, centopeias, baratas, aranhas, tesourinhas, grilos, caracóis, escorpiões, percevejos, tatuzinhos, traças, larvas e adultos de besouros, entre outros invertebrados de tamanho intermediário (ALVES et al., 2017). As espécies da macrofauna do solo podem ter hábitos alimentares bastante distintos, podem atuar

como geófagas, fitófagas, húmívoras, detritívoras, predadoras, parasitas, necrófagas e fungívoras, entre outras (BROWN et al., 2001).

As populações da macrofauna, também, têm sido estimadas pela sua atividade na fragmentação e distribuição dos restos de vegetais e animais no perfil do solo (longitudinal e horizontalmente) (ALVES et al., 2020). Além disso, devido às suas intensas atividades no solo, certas espécies de cupins, besouros, formigas e, especialmente, de minhocas vêm sendo denominadas “engenheiras do ecossistema” (LAVELLE, 1996; BROWN et al., 2001).

Embora não exista uma correlação direta entre o tamanho dos animais edáficos e suas posições na cadeia trófica alimentar e, conseqüentemente, suas funções no solo, alguns autores (BROWN et al., 2015; ALVES et al., 2017) atribuem muitas das funções no ecossistema terrestre à meso e macrofauna do solo.

A atividade dos organismos do solo resulta em melhorias das propriedades químicas, físicas e biológicas no solo (MENTA, 2012; CULLINEY, 2013). De acordo com Cardoso et al. (2012), a maneira adequada de estimar a saúde do solo (e dos organismos) é compreender sobre parâmetros que o tornam um sistema vivo (ex.: fauna do solo). Por conta disso, um grande número de indicadores da qualidade biológica e da vida do solo tem sido utilizado para entender os impactos das atividades antrópicas sobre os serviços ecossistêmicos (ALVES et al., 2020).

2.3 Invertebrados do solo e os serviços ecossistêmicos

Os ecossistemas proporcionam uma ampla gama de benefícios à humanidade, desde alimentos, água potável e proteção contra inundações e até cultural (SUKHDEV et al., 2014). Logo os serviços ecossistêmicos são todos os benefícios que a humanidade aproveita direta ou indiretamente a partir das funções dos ecossistemas naturais, como, por exemplo, a produção de alimentos depende da polinização feita por insetos polinizadores e absorção de resíduos pelos microrganismos e invertebrados do solo (COSTANZA et al., 1997).

Os invertebrados do solo realizam uma variedade de diferentes serviços ecossistêmicos essenciais para a sustentabilidade agrícola (Tabela 1). A biodiversidade do solo permite funções ecossistêmicas que se autoperpetuam e alimentam processos especializados, como manutenção da estrutura do solo, ciclagem de nutrientes, transformações de carbono e regulação de pragas e doenças (BALVANERA et al., 2006; PERRINGS et al., 2006; KIBBLEWHITE et al., 2008; CHAGNON et al., 2015). A atividade de escavação por organismos do solo modifica a porosidade do solo, aumentando a aeração, infiltração e retenção de água, reduzindo a compactação (PISA et al., 2015; RAM, 2019).

Quanto aos fatores funcionais, os invertebrados são classificados como saprófagos, micrófagos, predadores, insetos sociais e fitófagos. Os saprófagos possuem a característica de se alimentar dos materiais em decomposição, fragmentando-os, e liberando nutrientes que serão disponibilizados às plantas (MANHÃES; FRANCELINO, 2012). Os nutrientes viajam através de várias camadas do solo por meio de forrageiras, escavadoras de túneis e insetos que nidificam no solo, incluindo besouros, abelhas, formigas e cupins (STORK; EGGLETON, 1992; WILLIS CHAN et al., 2019) e detritívoros como nematóides, colêmbolos, minhocas e diplópodes que transformam materiais e minerais em decomposição em formas utilizáveis, reciclam nutrientes e aumentam a fertilidade do solo (STORK; EGGLETON, 1992; KIBBLEWHITE et al., 2008; RAM, 2019).

Os micrófagos, possuem a característica de regular a população microbiana, pois se alimentam de microrganismos. Por exemplo, nematoides e ácaros permitem a mineralização de nitrogênio, alimentando-se de raízes e fungos e estimulando e regulando a atividade microbiana (STORK; EGGLETON, 1992). Muitos invertebrados do solo também desempenham um papel no controle de pragas agrícolas. Nematóides e ácaros são usados no controle de bactérias relacionadas a doenças em culturas (STORK; EGGLETON, 1992; KIBBLEWHITE et al., 2008; RAM, 2019).

Predadores e parasitóides, como besouros e vespas parasitas atacam artrópodes que interferem na produção agrícola (STORK; EGGLETON, 1992; GILL et al., 2016). Por fim, os fitófagos se alimentam de tecidos vegetais vivos e também são conhecidos como pragas agrícolas (MANHÃES; FRANCELINO, 2012), mas insetos herbívoros do solo podem comer as sementes de plantas indesejáveis seletivamente sobre as sementes das culturas, reduzindo a propagação de ervas daninhas agressivas (HONEK et al., 2003).

Ao mesmo tempo, em que a fauna edáfica promove melhorias nas propriedades do solo ela também é influenciada pelas alterações destas propriedades, ocasionadas pelo uso e manejo do solo (FERREIRA et al., 2019). Por responder rapidamente às práticas de uso e manejo do solo (CASARIL et al., 2019), a fauna edáfica destaca-se como indicadora da qualidade ambiental (ALMEIDA et al., 2016).

Vários autores propõem o uso dos organismos da fauna edáfica, como indicadores de qualidade ou perturbação do solo, porque podem ser afetados por diferentes usos e manejo do solo; são sensíveis e apresentam uma resposta rápida a mudanças na cobertura vegetal, transformação de diversidade e composição florística, entre outras variáveis ambientais (LAVELLE et al., 2003; LANG-OVALLE et al., 2011).

Como indicador biológico do estado de conservação e / ou perturbação do solo, a macro e mesofauna edáfica devem estar relacionadas a atributos físicos e químicos do solo, que, ao mesmo tempo, manifestam a produtividade do ecossistema (BEDANO et al., 2006a e 2006b; BOTINA et al., 2012; TAPIA-CORAL et al., 2016). Por exemplo, organismos detritívoros como diplópodes (milípedes), isópodes (tatuzinhos de jardim), alguns coleópteros (besouros) e gastrópodes (caracóis) podem ser usados para indicar o status de perturbação no ambiente edáfico; esses organismos são muito sensíveis a mudanças físicas e químicas no solo, bem como a mudanças bruscas de temperatura e umidade em seus habitats (MOORE et al., 2004).

As formigas são organismos com maior capacidade de sobreviver em solos agrícolas, apesar das alterações de seu ambiente, o que lhes permite uma alta prevalência em abundância e resistência com alguns níveis de intervenção antrópica (ROJAS, 2001; CHANATÁSIG-VACA et al., 2011). Neste sentido, vários foram os trabalhos desenvolvidos que utilizaram a fauna edáfica como indicadora da qualidade em diferentes condições de uso e manejo do solo (BRITO et al., 2016; SANTOS et al., 2016; SCORIZA e CORREIA, 2016; RODRIGUEZ et al., 2016; CARVALHO et al., 2016; MARTINS et al., 2017).

Tabela 1. Principais classificações funcionais publicadas em animais do solo. Em parte, baseado em Briones (2014).

Grupos animais do solo	Classificação	Funções	Autores
Acari	Macrófagos (decompositores primários), microfitófagos (decompositores secundários), alimentadores de líquen (incluindo ficofagos), panfitófagos, zoófagos (predadores), necrófagos, coprófagos.	Fitófagos ou decompositores, se alimentando de tecidos vegetais vivo ou morto; Controle populacional de seres da microbiota, como fungos, bactérias e algas; Preferências de alimentação para determinados recursos ou consumidores.	Luxton (1972); Maraun et al. (2011).
Acari: Oribatida			
Araneae	Predadores	Serviços de controle biológico, indicadores de mudança ambiental, como intensificação do uso da terra, clima ou a heterogeneidade do habitat.	(Agustí et al., 2003; Kuusk & Ekbom, 2010).

Collembola	Atmobios, Hidrófilos hemiedáficos, Mesófilos hemiedáficos, Xerófilos hemiedáficos, Euedáfico.	Decomposição da matéria orgânica; Ciclagem de nutrientes; Reguladores do tamanho populacional e atividade de Fungos.	Behan-Pelletier, 2003
Oligochaeta	Três estratégias ecológicas Principais (epigeica, endogeica e anecica) com a maioria das espécies ocupando posições intermediárias.	Decomposição de resíduos vegetais nas camadas Superiores; Transporte de material orgânico para as camadas mais profundas, criação de galerias no solo.	Bouché (1977); Bottinelli et al. (2020).
Isoptera	Grupo alimentar I (madeira não deteriorada, grama, detritos), II (madeira não deteriorada, fungos, grama, serapilheira, líquens), III (detritos em decomposição, 'húmus'), IV (solo).	Preferências de alimentação para determinados recursos, comunidade simbiote intestinal, tipo de forrageamento da colônia (simplificado nas categorias).	Eggleton & Tayasu (2001); Rückamp et al., 2010.
Formicidae	Predadores, necrófagos, herbívoros diretos ou indiretos, dispersores de sementes e bioturbadores do solo.	Envolvidas em inúmeras interações com plantas, fungos e outros artrópodes. Predação, interações mutualísticas ou provisionamento de nicho (fornecendo microhabitats em ninhos de formigas do solo) elas podem moldar comunidades inteiras da microbiota do solo e artrópodes.	Biun & Linsenmair, 2002; Boulton, Jaffee & Scow, 2003.

2.4 Arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma planta herbácea, que pertence à família Poaceae; adaptada a diferentes condições de solo e clima (NUNES, 2007; VIEIRA et al., 2011). O arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos em todo o mundo, é o terceiro cereal mais produzido, sendo o principal componente da alimentação básica para mais da metade da população (MAGALHÃES JÚNIOR; OLIVEIRA, 2008; FONSECA et al., 2018; STRECK et al., 2018). O Brasil é o 10º produtor e consumidor, e 9º exportador mundial de arroz. No entanto, vem perdendo espaço na alimentação dos brasileiros, com o consumo per capita caindo ao longo dos anos (MORDOR INTELLIGENCE, 2020).

Na década de 1960, o arroz proveniente de cultivos de sequeiro era o mais aceito pelos consumidores brasileiros e alcançava maior cotação do que o arroz proveniente de cultivos irrigados, mas a partir de meados dos anos 1970 o arroz irrigado passou a dominar a preferência nacional e obter maiores cotações no mercado (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2005). A área cultivada com arroz vem diminuindo, sobretudo em áreas de sequeiro, e entre os principais fatores relacionados à redução das áreas de cultivo, destaca-se a baixa disponibilidade de cultivares com alto potencial produtivo, nas condições de clima e solo, a baixa qualidade dos grãos produzidos, o uso reduzido de práticas adequadas para manejo da cultura, dificuldade de acesso dos produtores aos financiamentos destinados a preparo da área e mecanização (CONAB, 2019).

O Sul do Brasil concentra 67% da área e 82% da produção nacional de arroz, obtendo também os maiores níveis de produtividade (CONAB, 2019). A região nordeste é a quarta região do País com maior produção, tendo como maiores estados produtores o Maranhão, seguido do Piauí (COÊLHO, 2021). No Maranhão, a cultura é manejada tanto em sequeiro quanto em condição irrigada, já as lavouras em sequeiro têm distribuição por todo estado e apresentam um período de plantio diferenciado, com início acontecendo a partir de novembro. Em algumas regiões do Estado os plantios tiveram perdas de produção devido ao regime irregular das chuvas (CONAB, 2020). Há também uma necessidade urgente de encontrar práticas e manejos sustentáveis para minimizar o impacto da cultura sobre o ambiente, com destaque ao arroz, um importante alimento básico da alimentação mundial (MARTÍNEZ-M et al., 2018).

2.5 Uso e manejo do solo em regiões tropicais úmidas

A intensificação e expansão das fronteiras agrícolas impulsionam o declínio da biodiversidade global (LANZ, DIETZ, SWANSON, 2018). A degradação do solo nos trópicos, devido ao uso contínuo, com culturas anuais, tem ocasionado diminuição do potencial produtivo dos solos agrícolas pois além da movimentação intensa do solo, outras práticas são utilizadas para aumentar a produção agrícola, o que vem favorecendo a diminuição gradativa da diversidade biológica nos diferentes agroecossistemas (EMMERSON et al., 2016; GREEN et al., 2005).

O manejo nas regiões tropicais úmidas é caracterizado pela mobilização do solo, por arado de discos, grade aradora e/ou grade niveladora, para posteriormente realizar a semeadura das culturas, e nesse modelo de manejo as perdas de solo, a baixa taxa de infiltração da água e

o carreamento de nutrientes (PANACHUKI et al., 2011) são os principais problemas encontrados que diminuem a sustentabilidade dos agroecossistemas.

No Maranhão a prática agrícola mais comum é o corte e queima (BEZERRA, et al., 2018). Essa prática é utilizada com a finalidade de limpar áreas agrícolas, preparar o solo para o plantio, melhorar a oferta e qualidade dos alimentos, abrir novas áreas de plantio, entre outras atividades (VIEIRA et al., 2016), mas o fogo afeta, de forma direta ou indireta, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (REDIN et al., 2011; MUÑOZ-ROJAS et al., 2016).

Como resultado da prática do corte e queima, pode haver uma série de alterações na dinâmica e na estrutura do solo, alterando seus atributos físicos, químicos, biológicos e bioquímicos (BARREIRO et al., 2010). Avaliar a qualidade do solo após o fogo, considerando seus atributos físicos, químicos e microbiológicos e comparar com uma área que não sofreu tal processo pode auxiliar no conhecimento do efeito desta prática sobre a funcionalidade e sustentabilidade do solo (VIEIRA et al., 2016).

Atualmente, esse modelo de agricultura é considerado insustentável, pois suas práticas impõem limites máximos aos agroecossistemas, com níveis altos de dependências (GONÇALVES, 2020). Ainda, fomentam a concentração de riquezas, a insegurança alimentar e nutricional ao agricultor e consumidor (NOVAES, 2017; CORRÊA, PIGNATI, PIGNATTI, 2020). A partir dessa reflexão, aponta-se que há uma necessidade de uma transição para uma agricultura alicerçada por alternativas sustentáveis, que promova a eficiência energética e ecossistêmicas (EDUARDO, 2016).

2.6 Uso do fogo, nutrientes e interações

No Brasil, o fogo é utilizado, de modo geral, diretamente para limpeza de áreas tanto agrícolas como florestais, renovação de pastagens, melhorando a oferta e qualidade dos alimentos; abertura de novas fronteiras agrícolas, melhoramento do manejo de pré-colheita e em manejo pós-colheita, entre outras práticas (REDIN, et. al., 2011). A agricultura de corte e queima é classificada como um sistema de abertura de clareiras para cultivo em períodos mais curtos que as áreas destinadas ao pousio (REGO, KATO 2018) sendo para muitos agricultores a única forma de disponibilizarem nutrientes ao solo para posterior implantação da roça.

Na Amazônia, a maioria dos diferentes tipos de solo é pobre, dessa forma, o pequeno produtor depende da queima da biomassa acumulada para aumentar as qualidades nutricionais do solo e preparar a área para o cultivo por meio da cinza, que pode, por exemplo, aumentar enormemente a quantidade de potássio, cálcio e magnésio disponíveis nos solos (PEDROSO-JUNIOR, ADAMS, MURRIETA, 2015).

O emprego do fogo gera uma preocupação com os cuidados inerentes em áreas naturais, mas é generalista ao afirmar, sem deixar margem para contestação, que qualquer fogo que atingir área natural causa prejuízo. Tal afirmação não leva em consideração, por exemplo, que o Cerrado é um ambiente pirofítico, (FIDELIS, PIVELLO, 2011; SCHMIDT et al., 2016), ou seja, um ecossistema dependente do fogo, onde este elemento não é considerado um distúrbio, mas fator imprescindível para a manutenção de seus processos ecológicos. Com diversos mecanismos de adaptação, o bioma se mantém preservado desde que o regime natural do fogo seja respeitado. A afirmação também não considera a existência de saberes tradicionais associados ao uso do fogo (FIDELIS, PIVELLO, 2011; SCHMIDT et al., 2016).

Moradoras/es de áreas rurais tradicionais conhecem as dualidades do fogo; sabem que existe um “fogo bom” – aquele presente nas práticas culturais e agropecuárias passadas de geração em geração, e um “fogo ruim” – que cobra seu preço quando seu uso é feito sem conhecimento, de forma descuidada ou “fora de época”, e pode impactar o ambiente com consequências negativas para a sobrevivência de toda a comunidade (BERTIER, SILVA, NORA, 2020).

Os solos brasileiros são em geral muitos intemperizados, e conseqüentemente, ácidos e de baixa fertilidade, na maior parte dos casos, são deficientes de nutrientes e necessitam de correção. O nitrogênio é um dos nutrientes essenciais para o crescimento das plantas e rendimento das culturas, que deve ser mantido para permanecer disponível para as plantas (SANO, YANAI; KOSAKI 2004; YANAI et al. 2014). Portanto, é importante manter o teor de C e N no solo para evitar a degradação e implementar o manejo sustentável da produtividade (LAL 2014; CAMPBELL, PAUSTIAN, 2015). Govers et al. (2013) demonstra que é muito mais fácil (e possivelmente mais barato) manter o carbono orgânico do solo do que recuperá-lo. O retorno da matéria orgânica ao solo requer uma fonte de matéria orgânica e uma estratégia de controle de ciclos de nutrientes mais eficientes e eficazes.

Minhocas epigéicas podem ser usadas para controlar a taxa de decomposição da matéria orgânica (ALAM et al., 2015). Além disso, a matéria orgânica pode ser transferida para o solo mais profundo e estabilizada pela promoção da atividade da fauna do solo, como as minhocas (LORENZ, LAL 2005). De acordo com Yoneyama, Ohkura e Matsumoto (2015), o uso eficaz de resíduos de culturas para melhorar a fertilidade do solo pode ser acelerado pela atividade da fauna do solo (por exemplo, minhocas, colêmbolos e cupins) e microorganismos (como fungos saprófitos, protozoários e bactérias) favorecendo com que os nutrientes produzidos sejam absorvidos diretamente pelas raízes das plantas.

As práticas de manejo empregadas em sistemas agrícolas interferem diretamente na condição dos indivíduos que estão exercendo atividades no ambiente (ALVES et al., 2008). Desta forma, deve ser feito um constante monitoramento da fauna do solo que permitirá uma indicação simples da ecologia dos agroecossistemas, visto que esse é modificado devido o manejo, promovendo alterações nas condições físicas e químicas do solo, como também na diversidade e abundância da pedofauna.

Estudos ressaltam que em solos agrícolas, a fauna edáfica varia de acordo com conteúdo da matéria orgânica, proteção do solo, espécies cultivadas, microclima e umidade (MANHAIS; FRANCELINO, 2012). No semiárido, observa-se que a maioria das práticas agrícolas, incluindo desmatamentos e queimadas, causa redução significativa na abundância e na diversidade da fauna quando comparados com áreas de vegetação nativa (ARAÚJO et al., 2017; LIMA et al., 2010).

2.7 Pousio melhorado (*Mimosa caesalpinifolia* - Sabiá)

A Leguminosae ou Fabaceae, pertencente à ordem Fabales, é a terceira maior família do reino vegetal (BENJAMIM et al., 2020). Ela compreende seis subfamílias (Caesalpinioideae, Dialioideae, Detarioideae, Cercidoideae, Duparquetioideae e Papilionoideae) recentemente reclassificadas de acordo com uma filogenia taxonomicamente abrangente (AZANI et al., 2017).

Na subfamília Caesalpinioideae, no clado Mimosoideae (LPWG et al. 2017), o gênero *Mimosa* possui mais de 500 espécies que podem ser encontradas em diferentes ambientes (SIMON et al. 2011). Entre elas está a *M. caesalpinifolia*, sendo conhecida popularmente como sabiá ou sansão-do-campo, é uma espécie lenhosa nativa de florestas tropicais no nordeste do Brasil (ARAÚJO et al., 2020). É de grande importância econômica para o setor florestal desta região, pois sua madeira é resistente a cupins xilófagos (ARAÚJO; PAES, 2018) e é utilizada na produção de carvão vegetal, a espécie também é utilizada na restauração florestal (COSTA et al., 2014).

A espécie *M. caesalpinifolia* é caracterizada pelo rápido crescimento, alta capacidade de regeneração e resistência ao clima seco (OLIVEIRA, 2019). É uma arbórea pioneira, decídua, heliófila, xerófila, que ocorre preferencialmente em solos profundos, tanto em formações primárias como secundárias (LORENZI, 2008), é adaptável em todos os tipos de solo e, sua propagação é via semente, estacas ou rebrotas de troncos e raízes (GARCIA et al., 2016).

O sistema radicular da *M. caesalpiniiifolia* é profundo, no entanto, a maior quantidade de raízes se encontra nos primeiros 20 cm de profundidade, favorecendo a absorção de água e nutrientes, além de auxiliar no crescimento da espécie em condições ambientais limitantes (SILVA, 2017).

As Florestas secundárias em pousio possuem um papel fundamental na conservação da produtividade da agricultura itinerante, na recuperação da fertilidade e manutenção da sustentabilidade dos solos, entretanto, por necessitar da capacidade de regeneração da vegetação espontânea e do desenvolvimento das árvores (MCGRATH; DURYEA; CROPPER, 2001; GEHRING; DENICH; VLEK, 2005; HOBBIIE et al., 2007) requer longos períodos.

Dessa forma, a leguminosa arbórea Sabiá (*M. caesalpiniiifolia*) tem apresentado ótimos resultados, pois possui potencial de recuperação da fertilidade do solo, melhorando a estrutura do solo, proporcionando cobertura vegetal e matéria orgânica ao solo (SILVA et al., 2009). A prática de melhoramento dessas florestas, com a introdução da espécie leguminosa Sabiá é uma estratégia de manejo da terra para restaurar a fertilidade do solo, pois o uso dessas leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio e de rápido crescimento e extensos sistemas radiculares tem sido considerado como tecnologia de produção sustentável para a agricultura familiar na Amazônia (BRIENZA JÚNIOR, 2012).

Um aspecto importante a se destacar é que as leguminosas arbóreas constituem um grupo funcional importante, devido à sua frequente simbiose dupla com fixação biológica de N₂ nos nódulos com uma forte associação micorrízica para mobilização e aquisição de fósforo, água e outros recursos menos móveis no solo (NASTO et al., 2014; BATTERMANN et al., 2018).

Estudos realizados por Porro et al. (2021), demonstram que a implementação do sabiá durante o período de pousio, após aproximadamente 6 anos, favoreceu a recuperação da fertilidade do solo e também gerar um material adicional rentável, que é a madeira, representando acréscimo significativo de renda para os produtores. Logo o sabiá, apresenta uso diversificado, se configura como uma das espécies mais propícias para plantios de empreendimentos ambientais e/ou econômicos (MAIA, 2004).

REFERÊNCIAS

- AGUSTI, N.; SHAYLER, S. P.; HARWOOD, J. D.; VAUGHAN, I. P., SUNDERLAND, K. D.; SYMONDSON, W. O. C. Collembola as alternative prey sustaining spiders in arable ecosystems: prey detection within predators using molecular markers. **Molecular Ecology** 12, 3467–3475, 2003.
- ALTIERI, M.A. The Ecological Role of Biodiversity in Agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 74, 19-31, 1999.
- ALMEIDA, D. O.; BAYER, C.; ALMEIDA, H. C. Fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1140-1147, 2016.
- ALVES, A. R.; FERREIRA, R. L. C.; DA SILVA, J. A. A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SALAMI, G. Nutrientes na biomassa aérea e na serapilheira em áreas de caatinga em Floresta, PE. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 37, n. 92, p. 413–420, 2017.
- ALVES, A. T.; PETSCH, D. K.; BARROS, F. Drivers of benthic metacommunity structure along tropical estuaries. **Scientific Reports**. 10:1739, 2020.
- ALVES, P. R. L.; CASSOL, P. B.; SEGANFREDO, M. A.; SPAGNOLLO, E. Produção intensiva de animais e serviços ambientais: estratégias e indicadores. In: MIRANDA, C. R. de; MONTICELLI, C. J.; MATTHIENSEN, A.; SEGANFREDO, M. A. (Ed.). Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. (**Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 211**). p. 163-184, 2020.
- ARAÚJO, F.S; FELIX, F.C, FERRARI, C.S; VIEIRA, F.A; PACHECO, M.V. Seed quality and genetic diversity of a cultivated population of *Mimosa Caesalpinifolia* benth. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 4, p. 1000 – 1006, 2020.
- ARAÚJO, J. B. S.; PAES, J. B. Natural wood resistance of *Mimosa caesalpinifolia* in field testing. **Floresta e Ambiente**, 25: e20150128, 2018.
- ALAM, S., L. M. H.; Kilowasid, D.; ASNIAH; NURMAS, A. “Role of Epigeic Earthworms on Trophic Group of Nematodes during Organic Matter Decomposition in Litter Bags under Tomato Cropping on Ultisol.” **AIP Conference Proceedings** 1677: 110012, 2015.
- AZANI, N.; BABINEAU, M.; BAILEY, C.D.; BANKS, H.; BARBOSA, A.R; PINTO, R.B; et al. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. **Taxon**. 66(1): p.44-77, 2017.
- BALVANERA, P., PFISTERER, A. B., BUCHMANN, N., He, J.-S., Nakashizuka, T., Raffaelli, D., et al. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services: biodiversity and ecosystem functioning/services. **Ecology Letters**. 9, 1146–1156, 2006.
- BATTERMAN, S.A.; HALL, J.S.; TURNER, B.L.; HEDIN, L.O.; WALTER, J.K.L; SHELDON, P.; VAN BREUGEL, M. Phosphatase activity and nitrogen fixation reflect

species differences, not nutrient trading or nutrient balance, across tropical rainforest trees. **Ecology Letters**. v.21, p. 1486–1495, 2018.

BARREIRO, A., MARTIN, A., CARBALLAS, T., DÍAZRAVIÑA, M. Response of soil microbial communities to fire and fire-fighting chemicals. **Science of the Total Environment**. 408, 6172-6178, 2010.

BEDANO, J.C., CANTU, M.P., DOUCET, M.E. Influence of three different land management practices on soil mite (Arachnida: Acari) densities in relation to a natural soil. **Applied Soil Ecology**. v.32: p. 293-304, 2006a.

BEDANO, J.C., CANTU, M.P., DOUCET, M. E. Soil springtails (Hexapoda: Collembola), symphylans and pauropods (Arthropoda: Myriapoda) under different management systems in agroecosystems of the subhumid pampa (Argentina). **European Journal of Soil Biology** v.42, p. 107-119, 2006b.

BEHAN-PELLETIER, Valerie M. Acari and Collembola biodiversity in Canadian agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v.83, p.279-288, 2003.

BERTIER, F. L.; SILVA, R. A.; NORA, G. D. Fogo no mato, perigo de fato? Ponderações comunitárias sobre o uso do fogo no cerrado mato-grossense. **REnCiMa**, Edição Especial, v. 11, n.2, p. 144-157, 2020.

BEZERRA, D.S; DIAS, B.C.C; RODRIGUES, L.H.S; TOMAZ, R.B; SANTOS, A.L.S; SILVA JUNIOR, C.H.L. Análise dos focos de queimadas e seus impactos no Maranhão durante eventos de estiagem no período de 1998 a 2016. **Revista Brasileira de Climatologia** n.14, v.22, 2018.

BOTTINELLI, N., HEDDE, M., JOUQUET, P. & CAPOWIEZ, Y. An explicit definition of earthworm ecological categories – Marcel Bouché’s triangle revisited. **Geoderma** 372, 114361, 2020.

BOTINA, G.B., VELÁSQUEZ, I.A., BACCA, T., CASTILLO, F.J., DIAS, G.L. Evaluación de la macrofauna del suelo en *Solanum tuberosum* (Solanales: Solanaceae) con sistemas de labranza tradicional y mínima. **Boletín Científico**, Centro de Museos, Museo de Historia Natural. v.16, p. 69-77, 2012.

BOUCHÉ, M. B. Strategies lombriciennes. **Ecological Bulletins** 25, 122–132, 1977.

BOULTON, A. M., JAFFEE, B. A. & SCOW, K. M. Effects of a common harvesterant (*Messor andrei*) on richness and abundance of soil biota. **Applied Soil Ecology** 23, 257–265, 2003.

BRIENZA JÚNIOR, S. Enriquecimento de Florestas secundárias como tecnologia de produção sustentável para a agricultura familiar. **Ciências Naturais**, v.7, n.3, p.331-337, 2012.

BROWN. G. G; NIVA, C. C; ZAGATTO, M. R. G; FERREIRA, S. de A. NADOLNY, H. S. et al. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília – DF, EMBRAPA, 2015.

- BROWN, G. G.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; ROJAS, P.; PATRON, J. C.; BUENO-VILLEGAS, J.; MORENO, A. G.; LAVELLE, P.; ORDAZ, V. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. **Acta Zoológica Mexicana: Nueva Série**, n. especial, p. 79-110, 2001.
- BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. Editora Guanabara, 3º Ed, Rio de Janeiro, p.1032, 2018.
- BRITO, M. F. et al. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 253-260, 2016.
- CAMPBELL, E. E.; PAUSTIAN, K. Current Developments in Soil Organic Matter Modeling and the Expansion of Model Applications: A Review. **Environmental Research Letters** 10 (12): 123004, 2015.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS. p.375-470, 2007.
- CARDOSO, E.J.B. **Microbiologia do solo**. 2ed. p.221, Piracicaba: ESALQ, 2016.
- CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health. **Scientia Agricola**, v. 70, p. 274-289, 2012.
- CARVALHO, J. S. et al. Evolução de atributos físicos, químicos e biológicos em solo hidromórfico sob sistemas de integração lavoura-pecuária no bioma Pampa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1131-1139, 2016.
- CASARIL, C. E.; DE OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SANTOS, J. C. P.; DA ROSA, M. G. Fauna edáfica em sistemas de produção de banana no Sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 1, e5613, 2019.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileiro de grãos**, v. 7 Safra 2019/20 - Segundo levantamento, Brasília, p. 1-110, 2019.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 8, safra 2019/20, n. 5, quinto levantamento, 2020.
- COÊLHO, J. D. Arroz: Produção e Mercado. **Caderno setorial ETENE**. v. 6, nº 156, 2021.
- CORRÊA, M. L. M.; PIGNATI, W. A.; PIGNATTI, M. G. Segurança Alimentar, produção de alimentos e saúde: um olhar para os territórios agrícolas de Mato Grosso. **ACENO-Revista de Antropologia do Centro Oeste**, v. 6, n. 11, p. 129-146, 2020.

CORREA, A. L.; ABOUD, A.C.S; GUERRA, J.G.M; AGUIAR, L. A; RIBEIRO, R. L. Adução verde com crotalaria consorciada ao minimilho antecedendo a couve-folha sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, n. 6, p. 956-963, 2014.

COSTA, M. G; RODRIGUES, A.C.G; ZAIA, F.C; RODRIGUES, E.G. Leguminous trees to recovery of degraded pastures in northern Rio de Janeiro, Brazil. **Scientia Forestalis**, n. 42: p. 101-112, 2014.

COSTANZA, Robert et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.

CULLINEY, T. Role of arthropods in maintaining soil fertility. **Agriculture Basel**, v. 3, n. 4, p. 629–659, 2013.

CHAER, G. M. et al. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, v. 31, n. 2, p. 139-149, 2011.

CHAGNON, M., KREUTZWEISER, D., MITCHELL, E. A. D., MORRISSEY, C. A., NOOME, D. A., and VAN der SLUIJS, J. P. Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. **Environmental Science and Pollution Research**. 22, p.119–134, 2015.

CHANATÁSIG-VACA, C. I.; LWANGA, H. E.; FERNÁNDEZ, R.P.; PONCEMENDOZA, A. V.; HUERTA, L. E. et al. Efecto del uso de suelo em las hormigas (Formicidae: Hymenoptera) de Tikinmul, Campeche, México. **Acta zoológica mexicana**. 27: p. 441-461, 2011.

CROWTHER, T.W.; LITTLEBOY, A.; JONES, T.H.; BODDY, L. Interactive effects of warming and invertebrate grazing on the outcomes of competitive fungal interactions. **FEMS Microbiology Ecology**. v.81, p. 419–426, 2012.

EISENHAUER, N.; BONN, A.; GUERRA, C. A. Recognizing the quiet extinction of invertebrates. **Nature Communications**. 2019.

EDUARDO, M. F. Agroecologia e o processo de ativação de territorialidades camponesas/Agroecology and the activation of peasant territorialities. **Revista Nera**, n. 31, p. 143-165, 2016.

EGGLETON, P.; TAYASU, I. Feeding groups, lifetypes and the global ecology of termites. **Ecological Research** 16, 941–960, 2001.

ERROUSSI F.; LABIDI I.; JAY-ROBERT, P.; NOUÏRA S.; LUMARET, J.P. Dung beetle assemblages organization in two contrasted areas of the Mediterranean region: affinities and divergences. **Annales de la Société entomologique de France**. v.47: p.402–417, 2011.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Desenvolvimento tecnológico e dinâmica da produção de arroz de terras altas no Brasil**. 1ª ed. Santo Antônio de Goiás: p.118, 2005.

EMMERSON, M.; MORALES, M. B.; OÑATE, J. J.; Batáry, P.; Berendse, F.; Liira, J.; Bengtsson, J. How agricultural intensification affects biodiversity and ecosystem services. In:

Dumbrell, A. J.; Kordas, R. L.; Woodward, G. (ed.). **Advances in Ecological Research**. Oxford: Academic Press, 2016.

FAGERIA, N.K. Nitrogen management in crop production. Boca Raton: **CRC**, 2014.

FERREIRA, C. R.; GUEDES, J. N.; ROSSET, J. S., ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G. Diversity of the edaphic macrofauna in areas managed under no-tillage for different periods. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 599-610, 2019.

FIDELIS, A.; PIVELLO, V.R. Deve-se Usar o Fogo como Instrumento de Manejo no Cerrado e Campos Sulinos? **Revista Biodiversidade Brasileira**, Brasília, ano I, n. 2, p. 12-25, 2011.

FONSECA, J.R.; BRONDANI, C.; BRONDANI, R.P.V.; RANGEL, P.H.N. Recursos genéticos. In: A cultura do arroz no Brasil. SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.A. (eds). 3 ed. ver. Ampl. – **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, p. 285-320, 2018.

GAMA-RODRIGUES, E.F. da; GAMA-RODRIGUES, A.C. da; PAULINO, G.M.; FRANCO, A.A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1521-1530, 2008.

GARCIA, K.G.V.; GOMES, V. F. F.; ALMEIDA, A. M. M.; MENDES FILHO, P. F. Micorrizas arbusculares no crescimento de mudas de sabiá em um substrato proveniente da mineração de manganês. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**.v. 11, n. 2, p. 15-20, 2016.

GEHRING, C.; DENICH, M.; VLEK, P.L.G. Resilience of secondary forest regrowth after slash-and-burn agriculture in central Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, n.21, p.519-527, 2005.

GERGÓCS, V.; HUFNAGEL, L. The effect of microarthropods on litter decomposition depends on litter quality. **European Journal of Soil Biology**. v.75, 2016.

GILL, R. J., BALDOCK, K. C. R., BROWN, M. J. F., CRESSWELL, J. E., DICKS, L. V. et al. Protecting an Ecosystem Service: Approaches to Understanding and Mitigating Threats to Wild Insect Pollinators. **Advances in Ecological Research**, 54(Ecosystem Services: From Biodiversity to Society, Part 2), p.135-206, 2016.

GOMES, D.S.; MARCIANO, C.R.; FAUSTINO, L.L. Physical quality of a Typic Hapludult soil under forest leguminous trees and pasture. **Floresta e Ambiente**, v.25, e20170400, 2018.

GONÇALVES, L. M. **Avaliação de um agroecossistema em transição agroecológica**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 129f. 2020.

GOVERS, G., R. MERCKX, K. VAN Oost, and B. van WESEMAEL. Managing Soil Organic Carbon for Global Benefits: A Stap Technical Report. Washington, D.C: **Global Environment Facility**, 2013.

GREEN, R. E.; CORNELL, S. J.; SCHARLEMANN, J. P. W.; Balmford, A. Farming and the fate of wild nature. **Science**, 307(5709), 550-555, 2005.

GUIMARÃES, E. dos S.; RODRIGUES, D. de M.; SILVA, N. R. da; FERREIRA, L. O.; AMORIM, I. A.; RIBEIRO, C. D. Diversidade de artrópodes em diferentes agroecossistemas de agricultura familiar na Amazônia. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2013.

HOBBIE, S.E. et al. Tree species effects on soil organic matter dynamics: the role of soil cation composition. **Ecosystems**, n.10, p.999-1018, 2007.

HONEK, A., MARTINKOVA, Z., and JAROSIK, V. Ground beetles (Carabidae) as seed predators. **European Journal of Entomology**. 100, p.531–544, 2003.

JAMA, N.; KUNTASHULAL, E.; SAMBOKO, P. C. Adoption and Impact of the Improved Fallow Technique on Cotton Productivity and Income in Zambia. **Sustainable Agriculture Research**; Vol. 8, No. 2; 2019.

JAKOVAC, C.C.; PEÑA-CLAROS, M.; MESQUITA, R.C.G.; BONGERS, F.; KUYPER, T.W. Swiddens under transition - Consequences of agricultural intensification in the Amazon. **Agriculture, Ecosystems and the Environment**, v. 218, p. 116-125, 2016.

KOELLIKER, J.K.; KISSEL, D.E. Chemical equilibria affecting ammonia volatilization. In: BOCK, B.R.; KISSEL, D. E. **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Alabama: National Fertilizer Development Center, p.37-52, 1988.

KIBBLEWHITE, M. G., RITZ, K., and SWIFT, M. J. Soil health in agricultural systems. *Philos. Trans. R. Biological Sciences*. 363, p.685–701, 2008.

KUUSK, A.-K. & EKBOM, B. Lycosid spiders and alternative food: feeding behavior and implications for biological control. **Biological Control** 55, 20–26, 2010.

LANG-OVALLE, F. P.; PÉREZ-VÁZQUEZ, A.; MARTÍNEZ-DÁVILA, J. P.; PLATAS-ROSADO, D.E.; OJEDA-ENCISO, L. A. et al. macrofauna edáfica asociada a plantaciones de mango y caña de azúcar Terra Latinoamericana, v. 29, n. 2, pp. 169-177, 2011.

LANZ, B.; DIETZ, S.; SWANSON, T. The Expansion of Modern Agriculture and Global Biodiversity Decline: An Integrated Assessment, **Ecological Economics**, v.144, p. 260-277, 2018.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P. et al. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v.33, p.159-193,1997.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, v. 33, p.3-16, 1996.

LAVELLE, P.; SENAPATI, B.; BARROS, E. Soil macrofauna. In: SCHROTH, G.; SINCLAIR, F. L. (Ed.). **Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods**. Wallingford : CABI, Cap. 16, p. 303-323, 2003.

LAL, R. Soil Carbon Management and Climate Change. In Soil Carbon, **Carbon Management**. 339. Cham, Switzerland: Springer, 2014.

LEGUME PHYLOGENY WORKING GROUP (LPWG). A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. **Taxon**. 66:44–77, 2017.

LORENZ, K., and R. LAL. The Depth Distribution of Soil Organic Carbon in Relation to Land Use and Management and the Potential of Carbon Sequestration in Subsoil Horizons. **Advances in Agronomy** 88: 35–66, 2005.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. v.1, p. 368, 2008.

LUXTON, M. Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. I. **Nutritional biology Pedobiologia** 12, 434–463, 1972.

IPNI. Fertilizantes. 2014. Disponível em: <http://brasil.ipni.net/article/brs-3132#aparente>. Ac

MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; OLIVEIRA, A. C. Arroz. In: Origem e evolução de plantas cultivadas. Rosa Lia Barbieri; Elisabeth Regina Tempel Stumpf – Editores Técnicos. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, p.187-218, 2008.

MAIA, G.N. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo: **D&Z**. p. 413, 2004.

MAJEED, W.; RANA, N.; QAMAR, S.U.R.; NARGIS, S.; RAJA, I.A.; KANWAL, S.; NASSEM R. Diversity of foliage insects around different canal territories: A case study of Dingroo and Kamal Pur canal, Faisalabad, Pakistan. **GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**. v.6, p. 7-15, 2019.

MANHÃES, C.M.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; MOÇO, M.K.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C. Meso- and macrofauna in the soil and litter of leguminous trees in a degraded pasture in Brazil. **Agroforestry Systems**, v.87, p.993-1004, 2013.

MANHAES, C. M. C.; FRANCELINO, F. M. A. Estudo da inter-relação da qualidade do solo e da serapilheira com a fauna edáfica utilizando análise multivariada. **Nucleus**, v.9, n.2, 2012.

MARAUN, M., ERDMANN, G., FISCHER, B. M., POLLIERER, M. M., NORTON, R. A., SCHNEIDER, K. & SCHEU, S. Stable isotopes revisited: their use and limits for oribatid mite trophic ecology. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 43, p. 877–882, 2011.

MARTÍNEZ, C.; CUEVAS, F.; MEDINA, L. M. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz: **guia de estudio**. 3. ed. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical,. p. 75, 2018.

MARTINS, L. F. et al. Composição da macrofauna do solo sob diferentes usos da terra (cana-de-açúcar, eucalipto e mata nativa) em Jacutinga (MG). **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, n. 1, p. 11-22, 2017.

MELO, F. V. de; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J. et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBSCS**, 2009.

MELO, L. A. et al. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. Produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 47-55, 2018.

MENTA, C. Soil fauna diversity: Function, soil degradation, biological indices, soil restoration. In: LAMEED, G. A. Biodiversity conservation and utilization in a diverse world. Gbolagade Akeem Lameed, **IntechOpen**, 2012.

MOORE, J.W; SCHINDLER, A.; SCHEUERELL M.D. Disturbance of freshwater habitats by anadromous salmon in Alaska. **Oecologia**. v.139, p. 298-308, 2004.

MORDOR INTELLIGENCE/EMIS - ISI Emerging Markets Group Company. **Global Dry Beans Market (2020-2025)**. Disponível em: <https://www.emis.com/pt>. Acesso em: 13 jan. 2022.

MOREIRA, F.M.S.; CARES, J.E.; ZANETTI, R.; STURMES, S.L. O ecossistema solo. **Lavras: UFLA**, Ed.1, p.351, 2013.

MORO, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; NASCENTE, A.S.; CANTARELLA, H. Nitrification inhibition in tropical soil under no tillage system. **Revista de Ciências Agrárias**, v.57, n.2, p.199-206, 2014.

MOURA, E.G. **Agroambientes de Transição – Entre o Trópico Úmido e o Semi-Árido do Brasil**. In: MOURA, E.G. Agroambientes de Trasição avaliados numa perspectiva da agricultura familiar. São luís, UEMA, 2004.

MUÑOZ-ROJAS, M.; ERICKSON, T.E; MARTINI, D.; DIXON, K.W; MERRITT, D.J. Soil physicochemical and microbiological indicators of short, medium and longterm post-recovery in semi-arid ecosystems. **Ecological Indicators** 63:14– 22, 2016.

MCGRATH, D.A.; DURYE, M.L.; CROPPER, W.P. Soil phosphorus availability and ine root proliferation in Amazonian agroforests 6 years following forest conversion. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, n.83, p.271-284, 2001.

NASARE, I.L. Biodiversity of ground crawling arthropods under different land reclamation treatments in South Iceland. **United Nations University Land Restoration Training Programme** [final project] 21pp, 2018.

NASEEM, R.; RANA, N.; KOCH E.B.A.; MAJEED W.; NARGIS S. Abundance and diversity of foliage insects among different Olericulture Crops. **GSC Biol. Pharmaceut. Sci.**10:62-69, 2020.

NASCENTE, A.S.; KLUTHCOUSKI, J.; RABELO, R.R.; OLIVEIRA, P.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade do arroz de terras altas em função do manejo do solo e da época de aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.60-65, 2011.

NASTO, M.K.; CLARE, S.A.; LEKBERG, Y.; SULLIVAN B.W.; TOWNSEND, A.R.; CLEVELAND, C.C. Interactions among nitrogen fixation and soil phosphorus acquisition strategies in lowland tropical rain forests. **Ecology Letters** 17, v. 17, p. 1282–1289, 2014.

NOVAES, H. T. Reestruturação do campo e o fetichismo da “revolução verde”. **Revista Ciências do Trabalho**, v. 9, p.15–28, 2017.

NUNES, J. L. S. Características do Arroz (*Oryza sativa*). 2007. Agrolink. Disponível em:<<http://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/caracteristicas.aspx>>. Acesso em: 12 de jan. 2022.

OLIVEIRA NETO, A. A. de (Org.). A cultura do arroz. Brasília, DF: **Conab**, 2015.

OLIVEIRA, F. R. A; SOUZA, H. A; CARVALHO, M.A.R; COSTA, M.C.G. Green fertilization with residues of leguminous trees for cultivating maize in degraded soil. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 798–807, 2018.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; Oliveira, P.T.S.; Rodrigues, D.B.B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.5, p.1.777-1.785, 2011.

PEDROSO-JUNIOR, N. N., ADAMS, C., & Murrieta, R. S. S. Slash-and-Burn Agriculture: A System in Transformation. **Current Trends in Human Ecology**, 12–34, 2015.

PERRINGS, C., JACKSON, L., BAWA, K., BRUSSAARD, L., BRUSH, S., GAVIN, T., et al. Biodiversity in agricultural landscapes: saving natural capital without losing interest. **Conservation Biology**. 20, 263–264, 2006.

PINHEIRO, J. I. Mudanças de *Mimosa caesalpiniaefolia Benth.* (Leguminosae: Mimosoideae) cultivadas em substratos orgânicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 12, p. 265–269, 2018.

PISA, L. W., AMARAL-ROGERS, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J. M., Downs, C. A., Goulson, D., et al. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. **Environ. Sci. Pollut. Res.** 22, p.68–102, 2015.

PORRO, R.; MILLER, R. P.; de SOUSA, R. C.; NASCIMENTO, A. A utilização do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) para gerar renda e melhorar o solo em sistemas agrícolas tradicionais no médio Mearim, Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 12., 2021. **Anais.[SI]**: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais, 2021.

PRETTY, J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. **Philosophical Transaction Royal Society B**, n. 363, p. 447-465, 2008.

RAM, R. L. Current Research In Soil Fertility, 1st Edn. Delhi: **AkiNik Publications**, ed. 2019.

- RATHORE, A.; JASRAI, Y. T. Biodiversity: Importance and Climate Change Impacts. **International Journal of Scientific and Research Publications**, V. 3, Issue 3, March 2013.
- REDIN, M.; SANTOS, G. F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G. L. et al. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 381–392, abr.-jun., 2011.
- REGO, A. K. C.; KATO, O. R. Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, 20(3), 203–224, 2018.
- RESENDE, A.S. de; CHAER, G.M.; CAMPELLO, E.F.C.; SILVA, A. de P.; LIMA, K.D.R. de; CURCIO, G.R. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas. In: ARAÚJO, A.P.; ALVES, B.J.R. (Ed.). Tópicos em ciências do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.71-92, 2013.
- RIBASKI, J.; LIMA, P.C.F; OLIVEIRA V.R; DRUMOND, M.A. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) Árvore de múltiplo uso no Brasil, **Comunicado Técnico 104**. Embrapa, Colombo, 2003.
- RODRIGUES, K. M. et al. Fauna do solo ao longo do processo de sucessão ecológica em voçoroca revegetada no município de pinheiral - RJ. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 355-364, 2016.
- ROJAS, P. Las hormigas del suelo em México: diversidade, distribució e importància (Hymenoptera: Formicidae). **Acta Zoológica Mexicana**. 1: 189-238, 2001.
- RÜCKAMP, D., AMELUNG, W., THEISZ, N., BANDEIRA, A. G., and MARTIUS, C. Phosphorous forms in Brazilian termite nests and soils: relevance of feeding guild and ecosystems. **Geoderma** 155, 269–279, 2010.
- SACKETT, T. E., CLASSEN, A. T., & SANDERS, N. J. Linking soil food web structure to above- and belowground ecosystem processes: a meta-analysis. **Oikos**, 119 (12), p.1984–1992, 2010.
- SANO, S., J. YANAI, and T. KOSAKI. “Evaluation of Soil Nitrogen Status in Japanese Agricultural Lands with Reference to Land Use and Soil Types.” **Soil Science and Plant Nutrition** 50 (4): 501–510, 2004.
- SANTOS, D. P; SANTOS, G.G; dos SANTOS, I.L.; SCHOSSLER, T.R.; NIVA, C.C et al. Caracterização da macrofauna edáfica em sistemas de produção de grãos no Sudoeste do Piauí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1466-1475, 2016.
- SILVA, J.S. **Crescimento e distribuição de raízes finas de *Acacia mangium* Willd e *Mimosa Caesalpiniiifolia* Beth. submetido a dois sistemas de manejo de solo**. Orientador: Alexandre Santos Pimenta. 2017. 55f.: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, 2017.
- SILVA, M.B.R.; VIÉGAS, R.A.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, S.A.R. Estresse salino em plantas da espécie florestal sabiá. **Caminhos de Geografia**, v. 10, n. 30, p. 120-127, 2009.

SIMON MF, GREYER R, de QUEIROZ LP et al. The evolutionary history of Mimosa (Leguminosae): toward a phylogeny of sensitive plants. **American Journal of Botany**. n.98, p.1201–21, 2011.

SUKHDEV, P., WITTMER, H., and MILLER, D., ‘The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB): Challenges and Responses’, in D. Helm and C. Hepburn (eds), **Nature in the Balance: The Economics of Biodiversity**. Oxford: Oxford University Press, 2014.

SCORIZA, R. N.; CORREIA, M. E. F. Fauna do Solo como Indicadora em Fragmentos Florestais na Encosta de Morrotes. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n.4, p. 598-601, 2016.

SCHOWALTER, T. D. Canopy arthropod community responses to forest age and alternative harvest practices in western Oregon. **Forest Ecology and Management**. v.78: p.115–125, 1995.

SCHMIDT, I.B.; FONSECA, C.B.; FERREIRA, M.C.; SATO, M.N., Implementação do Programa Piloto de Manejo Integrado do Fogo em três Unidades de Conservação do Cerrado. **Revista Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 6, n.2, p. 55-70, 2016.

STORK, N. E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**. Agric. v.7, p.38–47, 1992.

STRECK, E.A.; AGUIAR, G.A.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de; FACCHINELLO, P.H.K.; OLIVEIRA, A.C. de. Variabilidade fenotípica de genótipos de arroz irrigado via análise multivariada. **Revista Ciência Agrônômica**, v.48, n.1, p.101-109, 2018.

TAPIA-CORAL, S.; TEIXEIRA, L.A.; VELÁSQUEZ, E.; WALDEZ, F. Macroinvertebrados del suelo y sus aportes a los servicios ecosistémicos, una visión de su importancia y comportamiento. **Revista Colombiana de Ciencia Animal** 8(Supl): p. 260-267, 2016.

TILMAN, D. Effects of diversity and composition on grassland stability and productivity. In **Ecology: Achievement and Challenge**, ed. N Huntly, S Levin, pp. 183–207. Oxford: Blackwell Sci, 2001.

VIEIRA, A. C.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; GUIMARÃES, M. C.; FREITAS, M. S.; PECORARO, D. Fogo e seus efeitos na qualidade do solo de pastagem. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.09, n.06, p. 1703-1711, 2016.

VIEIRA, A. R. et al. Qualidade de sementes de arroz irrigado produzidas com diferentes doses de silício, **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, 2011.

YONEYAMA, T., T. OHKURA, and N. MATSUMOTO. Ecosystem Fertility: A New Paradigm for Nutrient Availability to Plants in the Humid Tropics. **Soil Science and Plant Nutrition**. n.61, v.4, p. 698–703, 2015.

WILLIS CHAN, D. S.; PROSSER, R. S.; RODRÍGUEZ-GIL, J. L.; RAINE, N. E. Assessment of risk to hoary squash bees (*Peponapis pruinosa*) and other ground-nesting bees from systemic insecticides in agricultural soil. **Scientific Reports**. 9:11870, 2019.

CAPÍTULO 2

Effects of improved Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), fallows and of burning and fertilization on Arthropodofauna in upland rice fields in the eastern periphery of Amazonia

Artigo escrito de acordo com as normas da “Revista de Biologia Tropical e Conservação”

Effects of improved Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), fallows and of burning and fertilization on Arthropodofauna in upland rice fields in the eastern periphery of Amazonia

Abstract

Introduction: Unsustainable intensification of shifting cultivation with frequent slash&burns and reduced fallow periods are causing a vicious cycle of land degradation, reduced productivity and – ultimately – rural increasing poverty throughout the tropics. Improved fallows with fast-growing N₂-fixing legume trees have been proposed as low-cost solution for smallholder agriculture for accelerated ‘soil fertility’ restoration.

Objective: This study investigates the effects of 6-7 yrs improved fallow with the promising native tree legume Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) on soil physicochemistry and soil+aboveground biota in upland rice fields of the following two-yr cultivation cycle, and we furthermore explore the specific effects of burning, of macronutrients and specifically of Nitrogen.

Methods: Research was conducted in a two-yr /6 plot trial in the eastern periphery of Amazonia, Maranhão state. We captured and counted aboveground biota via ‘surprise attack’ and soil surface biota in pitfall traps, and extracted litter-layer + 0-5 cm topsoil mesofauna with the Berlese-Tullgren method. We subsequently taxonomically classified biota into classes and partially into orders/suborders.

Results: Soil biota did not show significant effects between fallow treatments improved with the tree legume in the 2nd year of the rice cycle. The fauna of the interior of the soil (mesofauna) presented a greater biological diversity in the thrush vegetation, presenting the main groups Collembola, Araneas and Coleopteros.

Conclusions: Based on the analysis of diversity, abundance and relative frequency, it can be concluded that arthropods are affected by different conditions of soil use and management.

Key words: Arthropodfauna, Biodiversity, Bioindicators, Edaphic fauna, Macrofauna, Mesofauna.

Unsustainable land-use intensification of shifting cultivation with high fire frequency and shortening fallow phases is causing a vicious cycle of degradation of secondary fallow vegetation, reduced agricultural productivity and as a consequence rural poverty throughout the tropics (Jakovac et al., 2016). Improved fallows with fast-growing N₂-fixing legume trees are a promising tool to tackle this socioecological crisis, as they accelerate fallow organic matter and nutrient accumulation (Muir et al., 2019; Nasto et al., 2014; Battermann et al., 2018). However, planting legume trees in order to achieve increased soil fertility after (Stagnari et al., 2017) fallow is a costly undertaking, and both chemical fertilizers and ash fertilization via traditional slash&burn could potentially achieve similar fertility effects with less effort (Tang; Yap, 2020; Moura et al., 2022). Soil fertility is furthermore known to decline rapidly during the short (typically two-year) cultivation period (Haque et al., 2021).

The effects of improved fallow and of chemical or ash fertilization on arthropod communities are, however, largely unknown. As soil fauna is a key component of ecosystem functioning (organic matter and nutrient cycling, food chain, soil physical engineering a.o.) the effects of both improved fallow management and of specific nutrients on arthropod communities is a key component and indicator for the evaluation of the sustainability of such management options (Menta, 2012; Yoneyama, Ohkura, Matsumoto, 2015; Kraft et al., 2021).

The study aimed to investigate the effects of improved fallow with the native tree legume *sabiá* (*Mimosa caesalpiniiifolia* BENTH.) and nutrient undertreatment and burning on arthropod communities in upland rice paddies in the eastern periphery of Amazonia. We compared the abundance and diversity of arthropod community from the soil surface (captured with pitfall traps), mesofauna in 0-5 cm topsoil (Berlese extraction) and in rice plants ('surprise attack') in spontaneous fallow versus fallow improving with thrus legume on four sampling occasions in different seasons of the two-year study period.

Materials and methods

Study Region:

The field experiment was carried out in Pirapemas county, Maranhão state, in the eastern periphery of Amazonia (3°43'40" south, longitude: 44°13'24" west., 35 m a.s.l.). The climate according to the classification of Köppen and Geiger is tropical subhumid (Aw), with diurnal variation of temperature (average 23°/32° °C) and relative humidity of 80 to 86%. The average annual precipitation is 1,848 mm of precipitation concentrated in a rainy season of 6 months of

rainy season (15-yr. averages of Pirapemas meteorological station from our study site) with a period of greater precipitation from January to June and less precipitation from August to November. Figure 1 shows the average weekly precipitation of the two years of study, the annual precipitation in 2020 was 54.22% above and in 2021 45.78% below the averages.

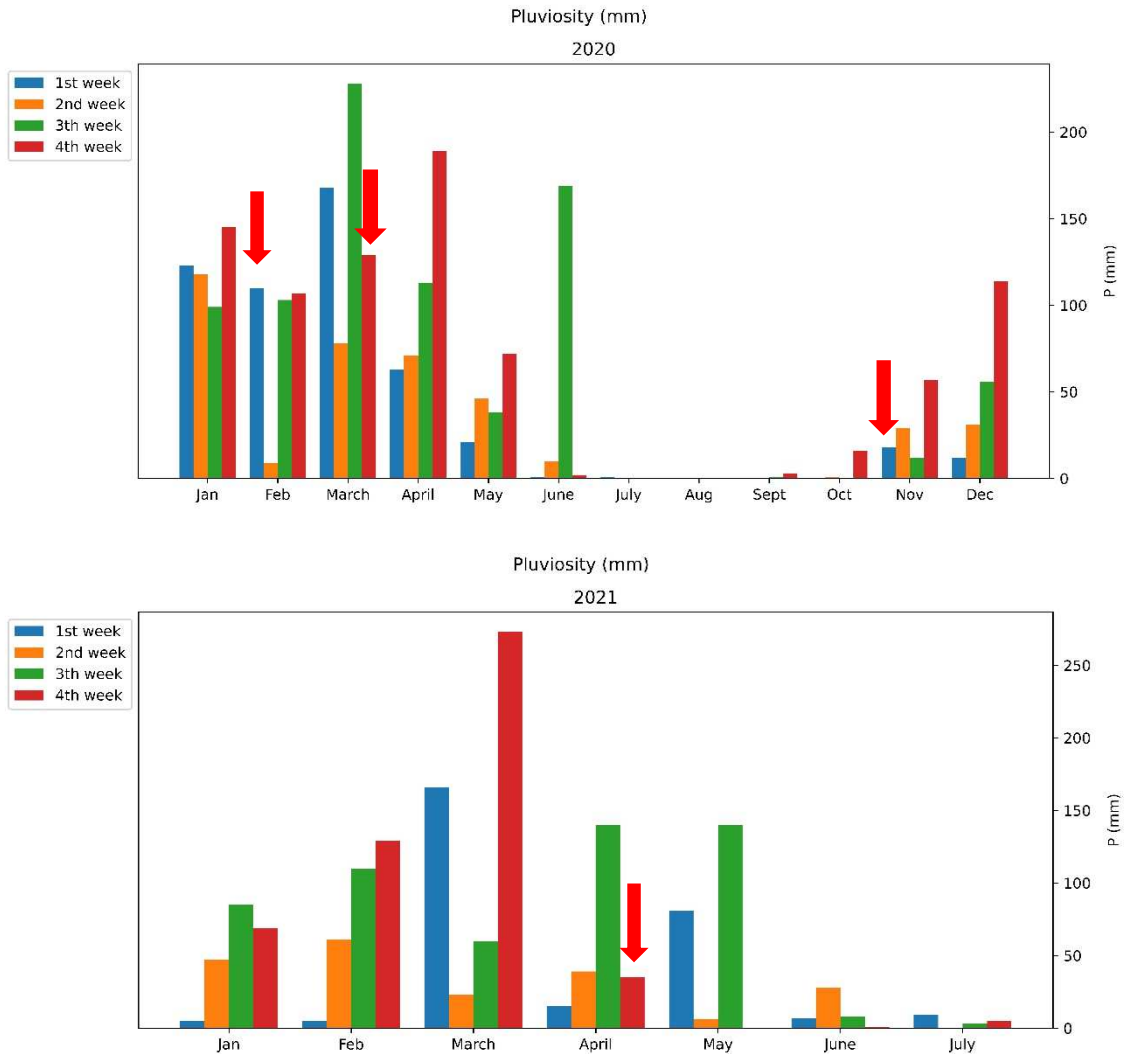


Figure 1. Weekly rainfall and sampling events during the 2020-2021 study period recorded at the Pirapemas weather station during the two years of this study.

Soils in the region are classified as Argissolos, subgroup Plintic according to the American taxonomy classification, with a texture dominated by fine sand, highly weathered and acidic, with low availability of cations, strong P fixation and problems with Al toxicity. Due to the frequent slash&burn cycles and shortening fallow-periods, secondary regrowth is low in plant biodiversity and dominated by aggressive ruderal species, notably the babassu palm

(*A. speciosa* Mart.). Productivity of shifting-cultivation fields is low, causing wide-spread poverty (57.93% of population below the poverty) (IBGE, 2019).

Field Experiment:

In 2007, the planting of tree legumes *M. caesalpiniiifolia* in pits was started. The legumes were planted alternately and spaced 6x50 (plant spacing 50 cm and rows 6 m). The fertilizer used was partially acidified natural phosphate (Arad), at a dosage of 200 g per hole of legumes introduced into the system (165 kg of P₂O₅ ha⁻¹). The three pairs of areas planted with sabiá and 6-year-old spontaneous vegetation were mowed in November 2019 and cultivated in the 2020-2021 agricultural year.

The field experiment was carried out in 2020-2021, in two locations within Pirapemas county at 18 km distance from another – in the surroundings of the village of São José Vitória and within the area of the cooperating NGO ‘Education and Environment’ – EMA. We selected four pairs of 6-yr.-old spontaneous secondary regrowth vs. improved fallows with sabia (*M. caesalpiniiifolia* BENTH.) (main treatment) in plots of 200 m² (20 x 10 m). Pairs of sites were close to one another and had similar soil texture, all sites were level (<2° inclination). Fallows were cleared at the end of the dry season in November 2019 and subdivided into three subplots each containing the following three subtreatments (split plot design): control, NPK fertilization and slash and burn (secondary treatment). All 18 subplots were planted with upland rice.

We sampled fauna at four sampling-occasions: during the 2020 rainy season (i) in the juvenile stage of rice development, (ii) at rice antese, (iii) in dry season and (iv) in the anthesis of the rice of the 2021 rains.

Fauna sampling and analyses:

Land surface arthropods were captured in 11 cm diameter pitfall traps installed for 24 hours 30 cm away from the target rice plant (at each of the 24 sampling points in 2020-2021, following the standard procedures described in Brown and Matthews (2016). Soil surface fauna was captured in the juvenile and anthesis phases of rice and in the dry season in 2020 and in the anthesis of rice 2021. We counted and identified all 3.829 individuals and identified them at the order/suborder level (RUGGIERO et al., 2015), following morphological keys from Leite and Sá (2010).

We captured 0-5 cm of topsoil + litter layer mesofauna in three 3 cm diameter cylinders per sampling point (<50 cm from the target rice plants in the 2020-2021 rice juvenile/anthesis

stages and extracted the mesofauna by the Berlese-Tullgren method, using standard procedures described in Bano and Roy (2016). Briefly, the undisturbed contents of the three cylinders were placed in a funnel with exposure to light and heat generated by 30W lamps, causing vertical migration of the mesofauna to the collection flasks containing 70% alcohol, soil was continuously moistened during the 7-day extraction period. All mesofauna specimens were identified to the order/suborder level, following the taxonomic key of Triplehorn and Johnson (2011).

To collect the arthropods from the aerial part of the rice plants, the 'supressa' attack method was used, which consisted of quickly packing one plant per subplot with a plastic bag, later sealed to prevent the collected arthropods from escaping. After this procedure in the field, the individuals were conditioned in 70% alcohol and transported to the Acarology/Entomology laboratory at UEMA.

After packaging the plants in plastic bags, they were taken to the laboratory to extract the specimens using the washing method, with subsequent packaging in 30 cm plastic pots for counting and sorting using a stereoscopic microscope (Stemis 305, Zeiss, Germany) and taxonomic identification. After packaging the plants in plastic bags, they were taken to the laboratory to extract the specimens using the washing method, with subsequent packaging in 30 cm plastic pots for counting and sorting using a stereoscopic microscope (Stemis 305, Zeiss, Germany) and taxonomic identification. After taxonomic confirmation, the research specimens ("voucher specimens") were deposited in the Entomological Collection Iraci Paiva Coelho (CIPC) of UEMA.

Statistics:

Since the assumptions of normality and homogeneity were not met in most cases, we compared treatments with non-parametric Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U-tests and investigated relationships between variables with Spearman correlations, using STATISTIC software version 10. We computed relative importance of orders / sub-orders as the averages of % abundance and %frequency, and calculated Shannon-Wiener diversity (H'), Simpson's dominance (D), Pielou's uniformity (J) and richness using the Past 3.0 Software (OYVIND, 2019).

Results

Fauna on the soil surface

Total surface (“macro”) fauna did not differ between spontaneous secondary forest regrowth and sabiá plantations (t-tests of ln-transformed data) nor between the fertilizer/burn sub-treatments at any of the three sampling occasions. By contrast, soil-surface “macro” fauna did differ between secondary regrowth and sabiá plantations in its diversity and taxonomic (order/sub-order groups) composition.

Figure 2 presents Shannon-Wiener diversity of soil-surface “macro” fauna at the three sampling occasions. T-test identified significantly higher diversity in spontaneous secondary forest regrowth than in planted sabiá fallows at 2020 rice antese, there also was a tendency ($p=0.18$) of higher diversity in sabiá than in spontaneous regrowth in the 2020 dry season. Simpson’s diversity likewise was significantly higher in spontaneous secondary regrowth of rice-antese in 2020, and in tendency higher in sabiá plantations during the dry season.

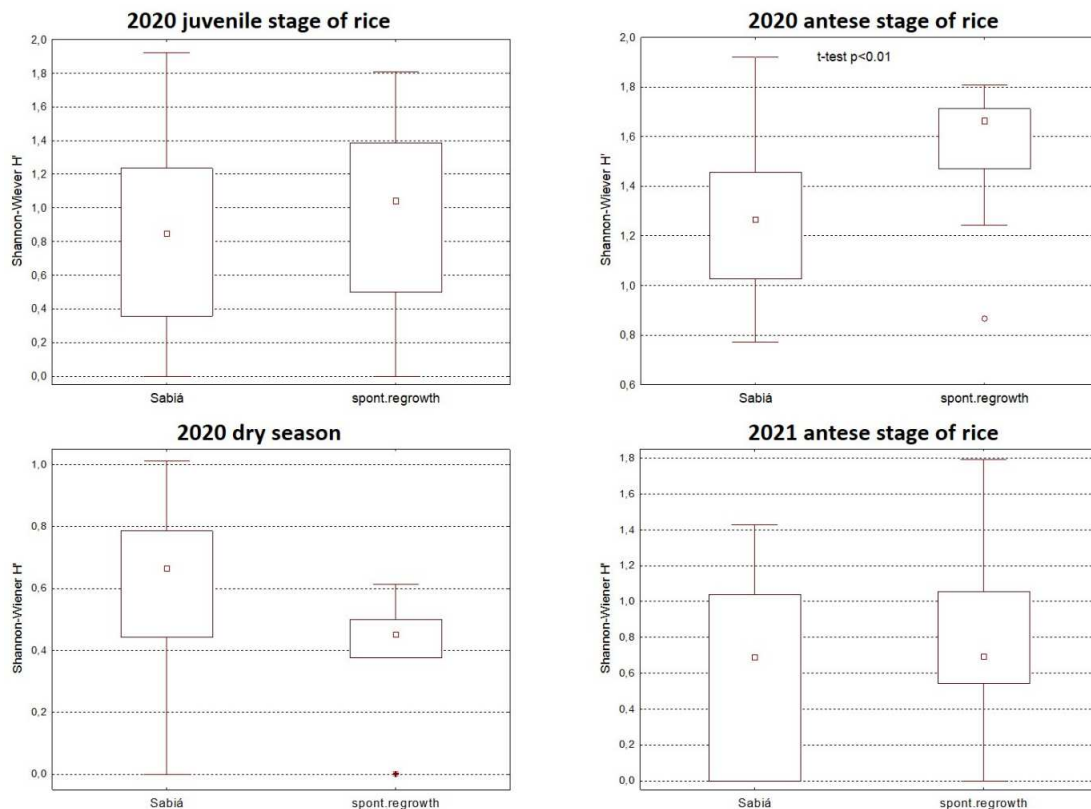


Figure 2. Shannon-Wiener diversity of soil surface macrofauna at the three sampling occasions of this study (medians, 25/75-percentiles and range).

Neither taxonomic group composition nor diversity of soil surface “macro” fauna was affected by the fertilizer/ burning subtreatments at any sampling occasion. The relative importance, only the main orders of the soil surface fauna were presented, except of the Collembola class, which was not identified at the taxonomic order level (table 2). The fauna of

the soil surface presented a greater abundance and relative frequency in the areas of spontaneous capoeira, only in the dry period the macrofauna showed a greater abundance in the areas with plantation of Sabiá.

In spontaneous vegetation, they showed higher ecological indices of Shannon diversity (1.31), Simpson dominance (0.56) and Pielou evenness (0.57). In this way, it is clearly verified that the richness of the soil surface fauna is greater in the areas of spontaneous capoeiras, only in the dry period of the sampling this richness decreased (table 2c). The most abundant taxonomic groups were Acariformes, Isopoda, Diplura and Pseudoscorpiones in spontaneous capoeira.

Table 2. Relative importance of soil surface fauna (a) in juvenile rice and (b) at anthesis stage of 2020 and (c) in the dry season in Sabiá plantations (left columns) and spontaneous secondary regrowth (right columns).

(a) Juvenile rice stage (2020)							
	Sabiá plantation			Spontaneous secondary regrowth			Significance ¹⁾
abundance / sample	106,4			120,1			n.s
richness / sample	3,8			4,3			
Shannon-Wiener (H')	0.97			1.31			n.s
Simpson (D)	0.46			0.56			n.s
Pielou (J)	0.49			0.57			n.s
total richness	8			11			n.s
	% abund.	% freq.	% import.	% abund.	% freq.	% import.	
<u>class Collembola</u>	63.2	100	81.6	35.2	50.0	41.1	n.s
<u>class Arachnida</u>							n.s
superorder Acariformes	18.3	100	59.1	23.8	75.0	49.4	
order Araneae	1.4	72.7	37.0	0.5	33.3	16.9	n.s
order Pseudoscorpiones	0	0	0	1.0	25.0	13	n.s
<u>class Malacostraca</u>							n.s
order Isopoda	0	0	0	4.8	33.3	19.0	
<u>class Diplura</u>							
order N.N	0	0	0	3.0	25.0	14	n.s
<u>class Insecta</u>							
order Coleoptera	1.4	58.3	29.8	0.99	50.0	25.4	n.s
order Diptera	1.9	50.0	25.9	1.7	25.0	13.3	n.s
order Hymenoptera	6.4	50.0	28.2	1.0	25.0	12.9	n.s

order Hemiptera	0.2	25.0	12.6	0.10	8.3	4.2	n.s
order Orthoptera	0.4	25.0	12.7	0.09	8.3	4.1	n.s
rare ²⁾	0.005	0.05	0.02	0.004	0.11	0.05	
not identified	1.2	33.3	17.2	0.31	16.6	8.4	

1) Mann-Whitney U-test of indices and abundance shares: ** p<0.01, * p<0.05, ° p<0.10, n.s. not significant

2) Classes Diplopoda, Oligochaeta and Chilopoda.

(b) Antese rice stage (2020)

	Sabiá plantation			Spontaneous secondary regrowth			Significance ¹⁾
abundance / sample	46,6			31,8			n.s
richness / sample	4,5			5,7			
Shannon-Wiener (H')	1.61			1.66			n.s
Simpson (D)	0.74			0.76			n.s
Pielou (J)	0.82			0.80			n.s
total richness	8			9			n.s
	% abund.	% freq.	% import.	% abund.	% freq.	% import.	
class Collembola	40.2	91.6	65.9	18.8	90.0	54.4	°
class Arachnida							
superorder Acariformes	10.1	75.0	42.5	9.3	60	34.6	n.s
order Araneae	4.8	58.3	31.5	13.7	100	56.8	°
class Malacostraca							
order Isopoda	0	0	0	0.31	10.0	5.15	n.s
class Insecta							n.s
order Coleoptera	4.1	75	39.5	10.1	80.0	45.0	
order Diptera	2.0	25	13.5	0.34	20.0	10.1	n.s
order Hymenoptera	17.4	91.6	54.5	26.2	100	63.1	n.s
order Hemiptera	7.3	58.3	32.8	1.5	40.0	20.7	n.s
order Orthoptera	3.3	58.3	30.8	7.9	80.0	43.9	n.s
rare ²⁾	6.7	33.3	20.0	0.01	0.16	0.08	
not identified	24.3	16.6	20.4	0	0	0	

1) Mann-Whitney U-test of indices and abundance shares: ** p<0.01, * p<0.05, ° p<0.10, n.s. not significant

2) Classes Diplopoda and Oligochaeta.

(c) Dry season (2020)

	Sabiá plantation			Spontaneous secondary regrowth			Significance ¹⁾
abundance / sample	11,8			7,5			n.s
richness / sample	2.5			1.8			
Shannon-Wiener (H')	1.46			0.99			°
Simpson (D)	0.69			0.59			°
Pielou (J)	0.70			0.90			n.s

total richness	9			6			n.s
	% abund.	% freq.	% import.	% abund.	% freq.	% import.	
class Collembola	0	0	0	10.4	10.0	10.2	n.s
class Arachnida							
superorder Acariformes	6.4	25.0	15.7	0	0	0	n.s
order Araneae	0.21	10.0	5.1	0	0	0	n.s
order Pseudoscorpiones	1.04	10	5.5	0	0	0	n.s
class Insecta							
order Coleoptera	33.9	50.0	41.9	42.2	50.0	46.1	n.s
order Diptera	0.21	10.0	5.1	1.8	12.5	7.2	n.s
order Hymenoptera	21.5	50	35.7	10	12.5	11.2	n.s
order Hemiptera	11.9	37.5	24.7	21.3	75	48.1	n.s
order Orthoptera	5.87	25	15.4	0	0	0	n.s
order Blattodea	12.9	25	18.9	0	0	0	n.s
order Microleptera	0	0	0	1.56	12.5	7.0	n.s
rare²⁾	0	0	0	0	0	0	
not identified	0	0	0	0	0	0	

1) Mann-Whitney U-test of indices and abundance shares: ** p<0.01, * p<0.05, ° p<0.10, n.s. not significant

2) Ordens Microlepidoptera and díptera.

Topsoil mesofauna

We didn't find any differences in main treatment (sabiá-plantations vs. spontaneous secondary regrowth) in diversity, total abundance or percentage of main orders / classes in any of the three sampling occasions.

Figure 3 shows the impact of fertilizer/burning subtreatments and of standing Sabiá-plantation / spontaneous secondary regrowth controls on the percentage of Aracnidea, ANOVA detected significant difference between NPK-fertilized rice fields and neighboring forest controls. Similar tendencies for Acariformes superorder. By contrast, we didn't find any fertilizer/burning effects on any other parameter of topsoil mesofauna at any of the three sampling periods.

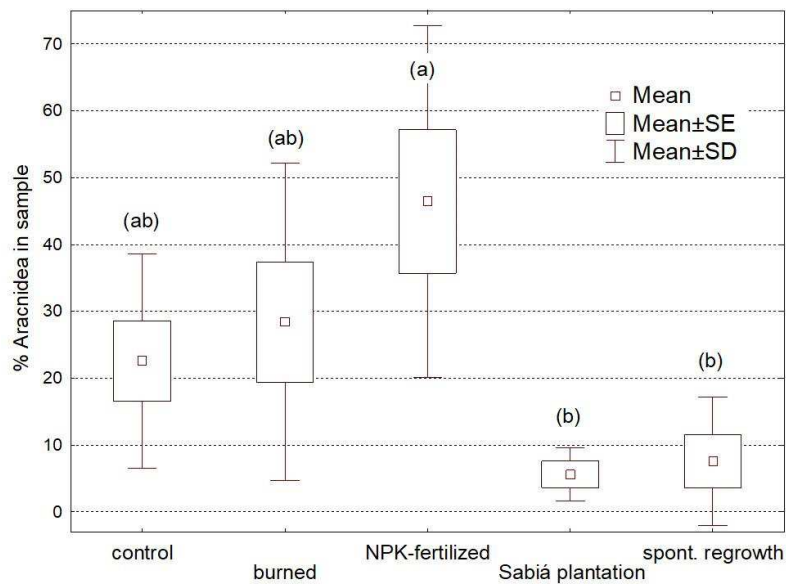


Figure 3. Percentage of Aracnidea in topsoil mesofauna samples at rice antese of 2020, letters refer to Spjotfoll-Stoline (Tukey for unequal n) *post-hoc* test.

Table 3 on the relative frequency of soil mesofauna shows the relative importance of only a few groups, mainly in sabiá plantations with higher frequencies per sample of these organisms than in spontaneous vegetation, standing out the Collembola followed by the Acariformes and Coleoptera. Regarding the abundance of soil mesofauna and the Shannon and Simpson diversity indices, as shown in Table 3, the areas planted with legumes showed higher values in both 2020/2021 harvests.

Table 3. Relative importance of topsoil mesofauna (a) in the anthesis phase of 2020 and (b) in the dry season of rice in Sabiá plantations (left columns) and spontaneous secondary regrowth (right columns).

	(a) Antese rice stage (2020)						Significance ¹⁾
	Sabiá plantation			Spontaneous secondary regrowth			
	% abund.	% freq.	% import.	% abund.	% freq.	% import.	
abundance / sample	30.5			26.9			n.s
richness / sample	3.4			3			
Shannon-Wiener (H')	1.25			1.14			n.s
Simpson (D)	0.64			0.59			n.s
Pielou (J)	0.69			0.63			n.s
total richness	7			6			n.s
class Collembola	3.20	41.6	22.4	13.2	80	46.6	n.s
class Arachnida							n.s
superorder Acariformes	32.5	83.3	57.9	23.6	80	51.8	
order Araneae	0.65	16.6	8.62	0	0	0	n.s
class Insecta							n.s

order Coleoptera	37.6	91.6	64.6	41.4	90	65.7	
order Blattodea	1.21	16.6	8.90	0.47	10	5.23	n.s
order Hymenoptera	5.40	58.3	31.8	2.78	40	21.3	n.s
order Hemiptera	7.31	41.6	24.4	7.99	40	23.9	n.s
rare²⁾	1.66	8.33	4.99	0	0	0	
not identified	0	0	0	0	0	0	

1) Mann-Whitney U-test of indices and abundance shares: ** p<0.01, * p<0.05, ° p<0.10, n.s. not significant

2) Classe Diplopoda.

(b) Dry season (2020)

	Sabiá plantation			Spontaneous secondary regrowth			Significance ¹⁾
abundance / sample	3.3			11.8			n.s
richness / sample	1.1			1.8			
Shannon-Wiener (H')	0.63			0.82			n.s
Simpson (D)	0.34			0.46			n.s
Pielou (J)	0.58			0.59			n.s
total richness	4			4			n.s
	% abund.	% freq.	% import.	% abund.	% freq.	% import.	
class Collembola	36.7	50	43.35	17.1	37.5	27.3	n.s
class Arachnida							n.s
superorder Acariformes	33.0	62.5	47.7	29.7	62.5	46.1	
order Araneae	2.08	12.5	7.29	0	0	0	n.s
class Insecta							n.s
order Coleoptera	3.12	12.5	7.81	12.5	25	18.7	
order Hymenoptera	0	0	0	1.56	12.5	7.03	n.s
rare²⁾	0	0	0	0	0	0	
not identified	0	0	0	0	0	0	

1) Mann-Whitney U-test of indices and abundance shares: ** p<0.01, * p<0.05, ° p<0.10, n.s. not significant.

Arthropod fauna on aboveground rice plant (from 'surprise attack')

The average number of arthropods captured in the rice plant above ground was 11.7 (± 3.4 SE) in 2020, but only 1.36 (± 0.26 SE) in 2021. Therefore, we analyzed the impacts of fallow and fertilization/burn treatments separately for each year, focusing on the most abundant and species-rich year 2020.

Two-factor analysis of the undertreatment effects of main treatment 3 in 2020 (nonparametric analysis of 2021 only) revealed an almost significant main treatment effect ($p = 0.06$) of former fallow vegetation on total arthropods inhabiting the rice, but neither in the richness or diversity of species, nor in the portion of the main groups of Arthropods.

In addition to the aforementioned strong difference between years in total counts, treatment effects appear contrasting, with significantly 72.22% greater abundance in spontaneous secondary regrowth than in improved sabiá plantations, as opposed to a trend of and 45% lower abundance in spontaneous regrowth in 2021.

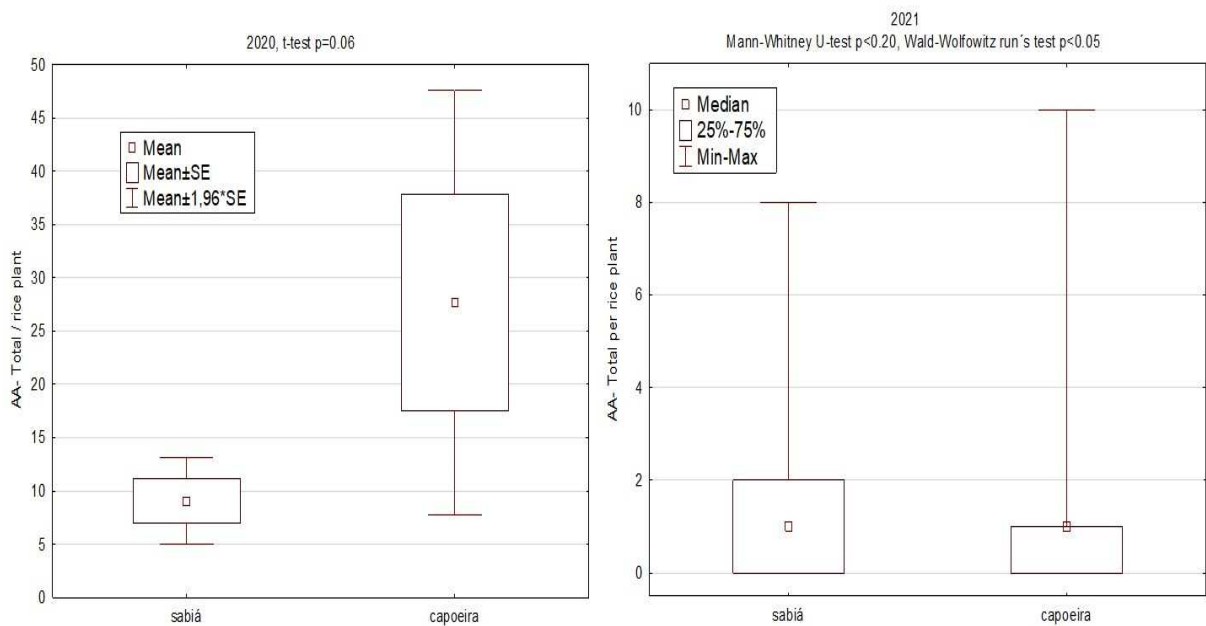


Figure 4. Effects of previous fallow vegetation on total arthropod counts in rice plants in 2020 (left) and 2021 (right).

We did not detect any effect of fertilizer/burning sub-treatments on total arthropod density inhabiting the aboveground rice plants, their species richness or diversity, nor any differences in their taxonomic composition on the order/suborder level.

The relative importance showed a difference in the main treatment (spontaneous capoeira and sabiá planting) in the sample year of 2020 and 2021. In the anthesis phase of 2020, we observed greater abundance and relative frequency in the areas of spontaneous capoeira, the most representative orders were Acariformes and Hemiptera (table 4). In spontaneous capoeira it also presented the highest diversity of Shannon (1.89) and Simpson (0.83).

Table 4. Relative importance of Arthropod fauna on aboveground rice plant (a) in antese stage of 2020 in Sabiá plantations (left columns) and spontaneous secondary regrowth (right columns).

Antese rice stage (2020)		
Sabiá plantation	Spontaneous secondary regrowth	Significance ¹⁾

abundance / sample	4.8			16.4			n.s
richness / sample	4			4			
Shannon-Wiener (H')	1.89			1.31			n.s
Simpson (D)	0.83			0.67			n.s
Pielou (J)	0.90			0.63			n.s
total richness	7			6			n.s
	% abund.	% freq.	% import.	% abund.	% freq.	% import.	
class Arachnida							n.s
superorder Acariformes	14.4	25	19.7	26.1	50	38.0	
order Araneae	2.81	16.6	9.70	3.1	28.5	31.6	n.s
class Insecta							n.s
order Coleoptera	11.7	42	26.8	6.27	60	33.1	
order Hymenoptera	8.33	42	25.1	18	70	44	n.s
order Hemiptera	15.1	42	28.5	21.6	100	60.8	n.s
rare²⁾	0	0	0	0	0	0	
not identified	0	0	0	0	0	0	

1) Mann-Whitney U-test of indices and abundance shares: ** p<0.01, * p<0.05, ° p<0.10, n.s. not significant.

Discussion

Anomalies in the precipitation rates of the different months in which the samplings for the years 2020 and 2021 were carried out could probably be the cause of the total arthropods showing large differences in the abundance of these individuals being lower in the year 2021 than in 2020. Comparing arthropod densities of the dry season of the two years of study, both in surface fauna captured (macrofauna) in pitfall traps (96.67% lower in 2021) and in mesofauna extracted from Berlese (64.29% lower in 2021). Interestingly, the arthropod density of the rice samples ('surprise attack') in the 2021 anthesis sampling was only $\pm 50\%$ lower than in 2020.

The 2020 sampling season showed higher rainfall in the study seasons, favoring the abundance of Arthropods. According to Lee (1994), the organisms of the edaphic fauna present seasonal behavior or are active only in certain periods of the year. They may also have an opportunistic character, exploiting favorable soil conditions to rapidly increase their populations, which may then be reduced again (LEE, 1994). For Assad (1997), rainfall seasonality also affects these populations, since water is the main limiting factor for their activity.

The present study showed significantly greater diversity of soil surface (macro) fauna in the spontaneous regrowth of the secondary forest than in the sabiá fallow in the two years of study. Soil mesofauna showed the greatest diversity and abundance of individuals in fallow improved with Sabiá. According to Vasconcelos (2020) the structure and composition of the edaphic macrofauna changes, as well as changes in the vegetation, forming a gradient of complexity. The highest values of macrofauna diversity indices in the Secondary Forest compared to the Sabiá Leguminous planting area (Table 2) indicated greater uniformity between the abundance of families for the Secondary Forest, which represents greater structural integrity of the community and expresses the presence of rare organisms (Lo Sardo e Lima, 2019). The edaphic mesofauna that occurs in the surface layer of the soil was favored in the areas of thrush legume, as it provides more food (C and nutrients) in the form of organic matter, and the legumes, due to their rapid initial growth, have allowed to accelerate the secondary succession progressive (Franco et al., 1992) also allowing the physical recovery of the soil, both through the direct action of the roots (disruption of compacted layers, retention of particles, soil structuring, etc.) and through indirect effects resulting from the chemical recovery of the soil and the increase in the biological activity of the meso and macrofauna.

The composition of the taxonomic group nor the diversity of soil surface fauna were affected by fertilizer/burn undertreatments at any sampling occasion. The relative importance showed a high dominance of the groups Collembola, Acariforme, Araneae in the four stages of rice and in the areas of plantations of sabiá and spontaneous capoeira in the meso and macrofauna of the soil. Therefore, the dominance of mesofauna and macrofauna in the systems studied may be related to the habitat that provides food, humidity, favorable temperature and protection from the weather (Guimarães et al., 2015). Based on the analysis of diversity, abundance and relative frequency, it can be concluded that arthropods are affected by different conditions of soil use and management.

REFERENCIAS

- Addison, J. A., Trofymow, J. A., & Marshall, V. G. (2003). Abundances, species diversity and community structure of collembola in successional coastal temperate forests on Vancouver island. *Can. Applied Soil Ecology*, v.24, n.3, p. 233-246.
- Araújo, F. S., Felix, F. C., Ferrari, C. S., Vieira, F. A., & Pacheco, M. V. (2020). Seed quality and genetic diversity of a cultivated population of *Mimosa Caesalpiniiifolia* benth. *Rev. Caatinga, Mossoró*, v.33, n.4, p. 1000 – 1006.

- Assad, M. L. L. (1997). Fauna do solo. In: Vargas, M. A. T.; Hungria, M., Eds: *Biologia dos solos dos Cerrados*. Planaltina, DF: *EMBRAPA-CPAC*, p. 363-443.
- Bandeira, I. C. N. (2013). Geodiversidade do estado do Maranhão. In: Dantas, M. E., Shinzato, E., Bandeira, I. C. N., Souza, L. V., & Renk, J. F. C. *Compartimentação Geomorfológica*. *CPRM*, p. 294.
- Bardgett, R. D., & Cook, R. (1998). Functional aspects of soil animal diversity in agricultural grasslands. *Applied Soil Ecology*, v.10, n.3, p. 263-276.
- Buzzi, Z. J. (2002). *Entomologia didática*. Editora da UFPR, Curitiba.
- Black, H. I. J., Parekh, N. R., Chaplow, J. S., Monson, F., Watkins, J., Creamer, R., Potter, E. D., Poskitt, J. M., Rowland, P., Ainsworth, G., & Hornung, M. (2003). Assessing soil biodiversity across Great Britain: national trends in the occurrence of heterotrophic bacteria and invertebrates in soil. *Journal of Environmental Management*, v.67, n.3, p. 255-266.
- Brown, G. R., & Matthews, I. M. (2016). A review of extensive variation in the design of pitfall traps and a proposal for a standard pitfall trap design for monitoring ground-active arthropod biodiversity. *Ecology and evolution*, v. 6 (12), p.3953–3964.
- Correia, M. E. F., & Andrade, A. G. (1999). Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G. A., & Camargo, F. A. O. (Eds.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: *Gênese*, p. 197-225.
- Decäens, T. (2010). Macroecological patterns in soil communities. *Global Ecology and Biogeography*, v.19, p. 287-302.
- Faustino, L. L., Marciano, C. R., & Andrade, G. R. P. (2021). Physical quality of soil under secondary forest, leguminous trees, and degraded pasture. *Pesq. Agropec. Bras.* Brasília, v.56, e02023.
- Frouz, J., Prack, K., Pizl, V., Háněl, L., Starý, J., Tajovký, M. K., Materna, J., Balík, V., Kalčík, J., & Řehounkova, K. (2008). Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology*, v.44, n.1, p. 109-121.
- Guimarães, E. dos S., Rodrigues, D. de M., Silva, N. R. da, Ferreira, L. O., Amorim, I. A., & Ribeiro, C. D. (2013). Diversidade de artrópodes em diferentes agroecossistemas de agricultura familiar na Amazônia. *Cadernos de Agroecologia*, v.8, n.2, p. 1-5.
- Guimarães, N. F., Gallo, A. S., Souza, M. D. B., Agostinho, P. R., Gomes, M. S., & Silva, R. F. (2015). Influência de sistemas de produção de café orgânico arborizado sobre a diversidade da fauna invertebrada epigéica. *Coffee Science*, Lavras, v.10, n.3, p. 280-288.
- Haque, M. M., Datta, J., Ahmed, T., Ehsanullah, M., Karim, M. N., Akter, M. S., Iqbal, M. A., Baazeem, A., Hadifa, A., Ahmed, S. E. L., & Sabagh, A. (2021). Organic

Amendments Boost Soil Fertility and Rice Productivity and Reduce Methane Emissions from Paddy Fields under Sub-Tropical Conditions. *Sustainability*.13(6):3103.

IBGE. (2019). *Censo 2019*. doi:<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/pirapemas/panorama>.

Kemppinen, K. M., Collins, P. M., Hole, D. G., Wolf, C., Ripple, W. J., & Gerber, L. R. (2020). Global reforestation and biodiversity conservation. *Conserv. Biol*, v.34, p. 1221-1228.

Koehler, H. (1998). Secondary succession of soil mesofauna: A 13 year study. *Applied Soil Ecology*, v.9, n.1–3, p. 81-86.

Kraft, E. (2021). Edaphic fauna affects soybean productivity under no-till system. *Scientia Agricola*, v.78, n.2, e20190137.

Lee, K. E. (1994). The biodiversity of soil organisms. *Applied Soil Ecology*, v.1, p.251-254.

Leite, G. L. D., & Sá, V. G. M. (2010). *Apostila: Taxonomia, Nomenclatura e Identificação de Espécies*. Universidade Federal de Minas Gerais. Apostila.

Lemos, W. P., Lima, M. M., Santo, L. N. E., & Bispo, C. J. C. (2011). Artropodofauna de solo com potencial de uso em programas de controle biológico de pragas em cultivos alternativos de palma de óleo (*Elaeis guineensis*). *Embrapa Amazônia Oriental*. Parte de Livro.

Maestri, R. et al. (2013). Efeito de mata nativa e bosque de eucalipto sobre a riqueza de artrópodos na serrapilheira. *Perspectiva*, v. 37, p. 31-40.

Maharning, A. R., & Mills, A. A. (2008). Soil community changes during secondary succession to naturalized grasslands. *Applied Soil Ecology*, v.41, n.2, p. 137-147.

Menta, C. (2012) Soil fauna diversity: Function, soil degradation, biological indices, soil restoration. In: Lameed, G. A. Biodiversity conservation and utilization in a diverse world. Gbolagade Akeem Lameed, *IntechOpen*.

Manhães, C. M. C., Gama-Rodrigues, E. F., & Silva Moço, M. K. et al. (2013). Meso-and macrofauna in the soil and litter of leguminous trees in a degraded pasture in Brazil. *Agroforest Syst* 87, 993–1004.

Moreno, J. L., Bastida, F., Ondoño, S., García, C., Andrés-Abellán, M., & López-Serrano, F. R. (2017). Agro-forestry management of Paulownia plantations and their impact on soil biological quality: the effects of fertilization and irrigation treatments. *Applied Soil Ecology*, 117: 46-56.

Moura, E. G. de, Mooney, S. J., Campos, L. S. et al. (2022). No-till alley cropping using leguminous trees biomass: a farmer- and eco-friendly sustainable alternative to shifting cultivation in the Amazonian periphery?. *Environ Dev Sustain*. 24, 7195–7212.

- Muir, J. P., Santos, M. V. F., Cunha, M. V., Júnior, J. C. B., Júnior, M. A. L et al. (2019). Value of endemic legumes for livestock production on Caatinga rangelands. *Rev Bras Ciências Agrárias - Brazilian J Agric Sci* 14:1–12.
- Neuman, F. G. (1991). Responses of litter arthropods to major natural or artificial ecological disturbances in mountain ash forests. *Aust. J. Ecol*, v.16, n.1.
- Nunes, L. A. P. L., Pessoa, M. M. C., Araujo, A. S. F., Sousa, R. S., & Silva, J. D. C., et al. (2021). Characterization of edaphic fauna in different monocultures in Savanna of Piauí. *Braz. J. Biol.*, v.81, n.3, p. 657-664.
- Oliveira, L. C. I. et al. (2014). Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*, v.27, n.2, p. 69-77.
- Øyvind, H. (2019). PAST 3.25. *Natural History Museum*, University of Oslo.
- Pass, G., & Szucsich, N. U. (2011). 100 years of research on the Protura: many secrets still retained. *Soil Organisms*, v.83, p. 309-34.
- Portela, M. B., Rodrigues, E. I., Filho, C. A. S. R., Rezende, C. F., & Oliveira, T. S. (2020). Do ecological corridors increase the abundance of soil fauna?. *Écoscience*, v.27.
- Ruggiero, M. A., Gordon, D. P., Orrell, T. M., Bailly, N., Bourgoïn, T., Brusca, R. C., Cavalier-Smith, T., Guiry, M. D., & Kirk, P. M. (2015). Correction: a higher-level classification of all living organisms. *Plos One*, v.10, n.6, e0130114.
- Sabu, T. K., Shiju, R. T., Vinod, K. V., & Nithya, S. (2011). A comparison of the pitfall trap, Winkler extractor and Berlese funnel for sampling ground-dwelling arthropods in tropical montane cloud forests. *Journal of Insect Science* 11:28.
- Santos, D. P., Santos, G. G., Santos, I. L., Schossler, T. R., Niva, C. C. & Marchão, R. L. (2016). Caracterização da macrofauna edáfica em sistemas de produção de grãos no Sudoeste do Piauí. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51, n.9, p. 1466-1475.
- Sandler, R., Falco, L. B., Ciocco, C., Luca, R., & Coviella, C. E. (2010). Eficiencia del embudo Berlese-Tullgren para extracción de artrópodos edáficos en suelos arguidoles típicos de la Provincia de Buenos Aires. *Ciencia del Suelo*. Argentina, 28:1-7.
- Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A. et al. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4, 2.
- Tang, K. H. D., & Yap, P. S. (2020). A Systematic Review of Slash-and-Burn Agriculture as an Obstacle to Future-Proofing Climate Change. *Proceedings of the 4th International Conference on Climate Change*, v.4, Issue 1, p. 1-19.
- Tomadon, L. D. S., Dettke, G. A., Caxambu, M. G., Ferreira, I. J. M., & Couto, E. V. D. (2019). Significance of forest fragments for conservation of endangered vascular plant species in Southern Brazil hotspots. *Ecoscience*. 26(3):221–235.

- Toledo, L. de O. (2003). Aporte de serrapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no município de Pinheiral, RJ. 2003. 80 f. *Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais)* – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. 7th ed. Thomson Brooks/Cole, Belmont.
- Yoneyama, T., Ohkura, T., & Matsumoto, N. (2015). Ecosystem Fertility: A New Paradigm for Nutrient Availability to Plants in the Humid Tropics. *Soil Science and Plant Nutrition*. n.61, v.4, p. 698–703.
- WEBB, N. R. (1994). *Postfire succession of Cryptostigmatic mites (Acari Cryptostigmata) in a calluna-heathland soil*. *Pedobiologia*.

ANEXO

Instruções gerais

TEXTO: Siga a estrutura padrão de um artigo científico (não mescle os resultados com a discussão). Aplique um verificador ortográfico automático e forneça o número total de palavras no pé da primeira página.

IMAGENS: Anexe fotografias nítidas a 300 DPI e ilustrações a 600 DPI (aceitamos JPG, TIFF, PNG e Photoshop). Muito importante: todas as figuras devem ter etiquetas usando Helvetica 10 pontos como tipo e tamanho da fonte (consulte o Guia de figuras). Carregue seu manuscrito e anexe uma cópia digitalizada da carta de envio assinada por todos os co-autores (faça o download da carta aqui). O sistema de envio confirmará imediatamente a recepção. Se você tiver problemas, consulte nossas Perguntas frequentes.

Características do manuscrito

O manuscrito é uma revisão ou um artigo de pesquisa que atende aos requisitos de nosso escopo.

Referências

Apresente a lista de referências e citações no texto no formato da APA 6ª Edição.

Recomendamos o uso de gerenciadores de referência gratuitos, como zotero.org e mendeley.com

Apenas as publicações citadas aparecem em Referências e vice-versa. Os artigos não publicados são mencionados no texto como neste exemplo: (J. Smith, não publicado).

Exemplos de formato:

Artigo de jornal

Torres, J.R., Infante-Mata, D., Sánchez, A.J., Espinoza-Tenorio, A., & Barba, E. (2017). Atributos estruturais, produtividade (hojarasca) e fenologia do idioma na Laguna Mecoacán, Golfo do México. *Revista de Biología Tropical*, 65 (4), 1592-1608.

Livro

Hanson, P.E. & Nishida, K. (2016). *Insetos e outros artrópodes da América tropical*. Ithaca, Nova Iorque: Cornell University Press.

Capítulo de livro

Pardini, R., da Rocha, P.L. B., El-Hani, C., & Pardini, F. (2013). Desafios e oportunidades para colmatar a lacuna de pesquisa e implementação em ciências e gestão ecológicas no Brasil. Em P. H. Raven, N. S. Sodhi e L. Gibson (Eds.), *Conservation Biology: Voices from the Tropics* (pp. 75-85). Oxford, Reino Unido: John Wiley & Sons, Ltd.

Seção introdutória

No título, use letras maiúsculas para iniciar nomes próprios e substantivos próprios. O título deve ser curto e incluir, entre parênteses, Ordem e Família (trabalhos botânicos: somente Família). Não use nomes locais no título.

Apenas para artigos de taxonomia: inclua gênero, autor e ano completos apenas na primeira vez que cada táxon é mencionado em cada seção do artigo.

O Resumo (350 a 450 palavras) deve conter cinco legendas: Introdução; Objetivo; Métodos (incluem período de estudo e tamanho da amostra); Resultados e Conclusões (veja exemplos em artigos recentes).

Inclua de 5 a 7 palavras-chave que não apareçam no título ou no resumo (se você tiver dúvidas, consulte um artigo recente).

Inclua uma introdução que resuma as descobertas recentes em ordem cronológica e termine com o objetivo do estudo.

Material e métodos

Apresente apenas as informações necessárias para repetir o estudo. Para métodos publicados anteriormente, basta uma breve descrição e referência.

Não inclua um mapa para apenas um local de estudo; em vez disso, forneça suas coordenadas geográficas. Um mapa é apropriado para estudos com vários locais de amostragem ou quando informações adicionais, como vegetação, são necessárias.

Se as amostras dos cupons foram coletadas, inclua os dados do museu.

Inclua apenas o modelo e o fabricante do equipamento quando isso puder afetar os resultados.

Para produtos químicos, apenas nomeie o fabricante.

Inclua uma descrição de cada componente para fórmulas matemáticas.

Evite siglas, mas se precisar usá-las, explique pela primeira vez, por exemplo: “RBT (Revista de Biologia Tropical)”.

Use Utilizamos o Sistema Internacional de Unidades e suas abreviações, exceto que os decimais são indicados com um período, milhares e milhões com um espaço, por exemplo. 12 523 235,15

Quando não for seguido por unidades, escreva números inteiros de zero a dez na íntegra (um, dois etc., não 1, 2 etc.).

Resultados

Evite as seções “Estatística” nos parágrafos, geralmente é melhor apresentar os dados após cada resultado e entre parênteses, por exemplo: “Altura e velocidade foram correlacionadas

positivamente (Spearman, $p < 0,05$) ” ou, melhor ainda: “Mais altas os indivíduos foram mais rápidos (Spearman, $p < 0,05$) ”.

Tabelas e Figuras

Evite figuras isoladas agrupando fotografias, gráficos e outras ilustrações relacionadas. Inclua todos os símbolos e escalas dentro da figura (não na legenda da figura). Para melhores gráficos, leia aqui.

Se o manuscrito estiver escrito em espanhol, use a palavra "Tabla" em vez de "Cuadro" em todo o manuscrito.

Use títulos curtos da tabela e mova todos os símbolos e abreviações para as notas de rodapé abaixo da tabela. Evite palavras escritas totalmente em maiúsculas ou em negrito. Evite tabelas longas ou muito curtas (as tabelas com meia a uma página são de bom tamanho) e não insira linhas verticais e horizontais.

Discussão

Esta seção compara seus resultados com dados publicados anteriormente. Não inclua tabelas ou figuras aqui.

Agradecimentos

Mencione apenas pessoas que deram assistência significativa. "Dr.", "Prof.", "Mrs.", entre outros, não são utilizados, apenas nomes.

Resumen e Palabras clave

Estas são as versões em espanhol de resumo e palavras-chave. Nossa equipe irá traduzi-los, gratuitamente, para autores que não falam espanhol. Para todos os outros: comece com o título do artigo em espanhol e verifique se as versões em espanhol e inglês correspondem.

Diretrizes para autores

Analise cuidadosamente o formato, estilo e requisitos:

Guia do autor (leia tudo neste guia de duas páginas)

Carta de envio (imprima, preencha e envie-a como uma cópia digitalizada em formato PDF ou como uma foto digital, juntamente com o seu manuscrito. Nota: se não estiver ao alcance, várias cartas poderão ser enviadas para fornecer as assinaturas de todos os co-autores)

Guia de gráficos (estas instruções simples permitem melhorar todos os gráficos, não apenas os que você envia para a nossa revista)

Amostra de formato (um exemplo de artigo com formato adequado)