



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

WEVERTON ANDRADE DA CUNHA

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO E SUAS INTER-RELAÇÕES COM OS
FÍSICOS, QUÍMICOS E ESTRUTURAIS EM USOS DA TERRA NA REGIÃO
SERRANA DO RN**

MOSSORÓ

2023

WEVERTON ANDRADE DA CUNHA

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO E SUAS INTER-RELAÇÕES COM OS
FÍSICOS, QUÍMICOS E ESTRUTURAIS EM USOS DA TERRA NA REGIÃO
SERRANA DO RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Agronomia, da Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª Jeane Cruz Portela

MOSSORÓ

2023

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C972 Cunha, Weverton Andrade da.
a ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO E SUAS
INTER- RELAÇÕES COM OS FÍSICOS, QUÍMICOS
E ESTRUTURAIS EMUSOS DA TERRA NA REGIÃO
SERRANA DO RN / Weverton
Andrade da Cunha. - 2023.
45 f. : il.

Orientadora: Jeane Cruz Portela.
Monografia (graduação) -
Universidade Federal Rural do Semi-
árido, Curso de
Agricultura, 2023.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

WEVERTON ANDRADE DA CUNHA

**ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO E SUAS INTER-RELAÇÕES COM OS
FÍSICOS, QUÍMICOS E ESTRUTURAIS EM USOS DA TERRA NA REGIÃO
SERRANA DO RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Agronomia, da Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Defendida em: 12 / 05 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

**JEANE CRUZ
PORTELA**

Assinado de forma digital por
JEANE CRUZ PORTELA
Dados: 2023.05.20 22:10:21 -03'00'

Prof^ª. Dr^ª. Jeane Cruz Portela (UFERSA)

Documento assinado digitalmente



JOAQUIM EMANUEL FERNANDES GONDIM
Data: 20/05/2023 22:42:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

M.Sc. Joaquim Emanuel Fernandes Gondim. (UFPB)

Documento assinado digitalmente



PHAMELLA KALLINY PEREIRA FARIAS
Data: 21/05/2023 09:15:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr^ª Phâmella Kalliny Pereira Farias (UFERSA)

Documento assinado digitalmente



DIEGO JOSE DA COSTA BANDEIRA
Data: 20/05/2023 23:03:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Agrônomo Diego José da Costa Bandeira (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, por toda a força de vontade gerada durante esses anos de graduação, por minha saúde e pela saúde de todos que amo. Em algumas situações pensei em desistir, devido os diversos desafios, mas Deus sempre presente nestes momentos não me deixou baixar a cabeça e assim conseguir vencer os obstáculos. Deus é bom o tempo todo. E isso me manteve de pé, minha fé é inabalável.

Aos meus pais, Otávio Ferreira e Leni de Andrade, que lutaram sempre para ver minha alegria e conforto, por todo esforço, cuidado e dedicação, pelos conselhos para o meu bem. Por entender que a distância e a saudade eram por um bom motivo, sou grato a todas as vezes que meu pai me mandou apoio financeiro. Aos meus irmãos Wigna Andrade da Cunha e Wellington Andrade da Cunha que foram fundamentais com apoio de forma financeira, com ligações, conselhos, sempre que precisei eles estavam à disposição para ajudar, principalmente meu irmão com as diversas carona que ele conseguia.

À universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) pelo apoio financeiro, necessário para que eu pudesse desenvolver a pesquisa, por todos os recursos que puder utilizar durante todo o período de minha graduação.

À minha amada namorada Jeruza Christiane Moraes de Souza que me acompanhou nesta reta final de curso, dividindo todas as dificuldades e batalhas diárias, hoje ela está distante devido ter concluído a graduação primeiro que eu, mas que o amor continua o mesmo, ela mesmo longe todos os dias liga falando palavras bonitas e de apoio que alegam meu dia, aconselha nos momentos difíceis. Sou grato por todos os momentos que enfrentamos e enfrentaremos juntos, obrigado meu amor.

Agradeço em especial ao meu querido grupo de pesquisa do Laboratório de Física Manejo e Conservação do Solo, onde puder criar um forte vínculo de amizade, tanto com os que passaram, quanto com os que se fazem presentes até o momento. Agradeço ao meu amigo Joaquim Emanuel Fernandes Gondim, uma pessoa que admiro bastante pela simplicidade sempre com um sorriso no rosto, a Geisiane Xavier de Matos que vem me ajudando bastante ultimamente principalmente me incentivando na pesquisa, meu amigo Wandson Mendes Vieira que no campo ou no laboratório sempre ajudou, além das nossas resenhas que vamos levar para a vida toda, a Diego José da Costa Bandeira pelo grande apoio neste final de curso com boas orientações e dicas admiro muito a sua generosidade, a Isaque Leite um cara de muita força de vontade, agradeço aos demais Paulo Jardel um cara gente boa.

À minha querida orientadora Jeane Cruz Portela, uma mulher que admiro bastante, pelo seu trabalho, sua força de vontade, a sua forma de tratar cada um de seus orientados, sou grato por todos os conselhos, por todas as vezes que ela me chamou atenção, e acima de tudo por acreditar em meu trabalho e pela oportunidade primeiramente como monitor de sua disciplina, em seguida como bolsista de pesquisa, onde estou concluindo minha pesquisa.

Jeane como professora sempre muito prestativa, onde trabalhávamos diariamente como ela sempre citava “precisamos oxigenar esse laboratório”, “Weverton é bom de campo”, foram momentos de muito trabalho, mas também de muita alegria e felicidade. Gratidão, e que a senhora possa continuar oxigenando a pesquisa e tornando nossa universidade melhor.

Aos agricultores, pois sem eles a pesquisa não teria sido realizada, pela generosidade dos mesmos em nos receber em suas comunidades sempre com alegria, ao meu amigo Welson agricultor da comunidade de Bela vista município de Martins que nos acolhia bem e ajudava nos trabalhos de campo, ao seu pai também agricultor. Não posso deixar de agradecer aos agricultores de Upanema, fui a vários campos, onde fui muito bem recebido, ao Seu João Mariano um homem muito trabalhador, sua esposa Dona Ana, Seu Gení, a Dona Josefa e Seu Ademar, e os demais moradores e agricultores da comunidade de Piracicaba em Upanema.

Minha gratidão aos técnicos e técnicas de laboratório que foram essenciais nos manuseios dos equipamentos, aos terceirizados pela simpatia e atenção dona Keila e os demais que trataram muito bem e com todo cuidado possível.

Ao meu tio Francisco, meu primo Thales e a Rejane onde morei um período de minha graduação, logo quando cheguei em Mossoró, eles me acolheram, com todo carinho possível que eles poderiam oferecer, contribuindo bastante para minha permanência no curso, na fase inicial que é uma fase muito difícil.

A vila acadêmica da Ufersa, por ter sido minha segunda casa durante esses cinco anos de graduação, aos meus amigos da casa 06, principalmente meus colegas de quarto José Artur e Hiago Souza onde vivenciamos bons momentos, aos demais amigos de cursos Reginaldo que iniciamos juntos o curso, sou grato pelas diversas vezes que ele me ajudou, nossos trabalhos em grupos, ao meu amigo Moisés Tavares pela contribuição nesta reta final.

A todos que de alguma forma contribuíram para meu desempenho durante a graduação que se fizeram presentes para que eu pudesse realizar esse trabalho, que foram partes essenciais dessa história. Minha gratidão a todos aqueles que fizeram enxergar o caminho do bem e fazer o certo, pois não só contribuíram para minha formação acadêmica como também a ser um cidadão melhor.

“Uma nação que destrói seu solo, destrói a si mesma”

Franklin Roosevelt

RESUMO

As formas de uso da terra possuem potencial para alterar os atributos do solo em especial os biológicos e estruturais, sendo importante o uso adequado do solo e dos cultivos agrícolas para sua manutenção. Assim, objetivou-se quantificar a macrofauna edáfica do solo, em função da sazonalidade, bem como, o carbono da biomassa microbiana, e a produção de glomalina e suas inter-relações com os atributos físicos, químicos e estruturais em usos da terra, utilizando a técnica de estatística multivariada na diferenciação dos ambientes. O estudo foi realizado na comunidade Bela Vista, Martins-RN. Definiu-se quatro usos: Banana, Pastagem, Cajueiro e Mata Nativa. Coletou-se amostras de solo com estrutura deformada oriundas de 20 subamostras, nas camadas de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m, em cada uso da terra. Foram avaliados os atributos biológicos, físicos, químicos e estrutural: Carbono da biomassa microbiana (CBM), glomalina facilmente extraível (GFE), granulometria (areia, silte e argila), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), fósforo (P), carbono orgânico total (COT), pH em água e diâmetro médio ponderado. Como também, instalou-se dez armadilhas do tipo Provid, em cada uso da terra, em transecto, distância de 5 m, totalizando 40 armadilhas, no período chuvoso e seco. Identificou os organismos, quantificou a biomassa seca (g), os índices de diversidade de Shannon e dominância de Simpson. Os resultados médios dos atributos foram interpretados pela técnica estatística multivariada na diferenciação dos ambientes. Observou-se fortes correlações (positivas e negativas) entre os usos da terra, sendo as principais variáveis: areia, os índices de Shannon e Simpson, COT, CBM, GFE e K^+ . A análise fatorial apresentou formação de três fatores com 89,29% de variância total acumulada, os fatores 1 e 2 apresentaram maiores significância, em F1 reuniu as variáveis areia, COT, Shannon período seco e chuvoso, Simpson período seco e chuvoso (37,60%), F2 reuniu pH e Ca^{2+} (27,18%), F3 o DMP, GFE, CBM e P (16,69%). No círculo de correlação as variáveis CBM na camada 0,05-0,10 m, índices ecológicos, GFE, COT (mata nativa). enquanto as variáveis Mg^{2+} , pH, Ca^{2+} e K^+ (banana), a argila, Al^{3+} , DMP, P e (Na^+ sem restrição) (cajueiro) e o silte na pastagem, indicando suscetibilidade a degradação. Houve predomínio das ordens Himenóptera, Coleóptera, Orthoptera e Araneae, bem como houve correlação entre o carbono da biomassa microbiana e os índices ecológicos que discriminaram a mata nativa, evidenciando a qualidade biológica, física, química e estrutural dessa área, seguida da banana. Ao passo que DMP, P, Na^+ , Al^{3+} e Argila discriminaram o cajueiro, indicando o comprometimento de atributos químicos nessa área. As variáveis silte, CBM e Mg^{2+} discriminaram a pastagem, indicando qualidade biológica. A sazonalidade influenciou o número de ordens e os índices ecológicos de diversidade dos macroartrópodes com tendência de maior quantidade de indivíduos e maior diversidade de ordens no período chuvoso, embora as áreas de mata nativa e bananeira tenham apresentado maior quantidade das ordens himenóptera e coleóptera no período seco.

Palavras-chave: glomalina; multivariada; carbono da biomassa; índices ecológicos; macro artrópodes.

ABSTRACT

The forms of land use have the potential to change the soil attributes, especially the biological and structural ones, being important the appropriate use of soil and agricultural crops for its maintenance. Thus, the aim was to quantify the edaphic macrofauna of the soil, as a function of seasonality, as well as the carbon of the microbial biomass, and the production of glomalin and its interrelationships with the physical, chemical, and structural attributes in land uses, using the multivariate statistical technique in the differentiation of environments. The study was carried out in the Bela Vista community, Martins-RN. Four uses were defined: Banana, Pasture, Cashew Tree and Native Forest. Soil samples with deformed structure were collected from 20 sub-samples, in the layers 0.00-0.05 and 0.05-0.10 m, in each land use. The biological, physical, chemical and structural attributes were evaluated: microbial biomass carbon (MBC), easily extractable glomalin (EEG), particle size (sand, silt and clay), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), potassium (K^+), phosphorus (P), total organic carbon (TOC), pH in water and weighted average diameter. In addition, ten Provid-type traps were installed in each land use, in a transect, at a distance of 5 m, totaling 40 traps, during the rainy and dry seasons. The organisms were identified, dry biomass (g) quantified, Shannon diversity index and Simpson dominance index. The mean results of the attributes were interpreted by multivariate statistical technique in differentiating the environments. Strong correlations (positive and negative) were observed among land uses, the main variables were sand, Shannon and Simpson indices, TOC, MBC, EEG and K^+ . The factor analysis showed the formation of three factors with 89.29% of total accumulated variance, factors 1 and 2 presented the highest significance, in F1 gathered the variables sand, TOC, Shannon dry and rainy period, Simpson dry and rainy period (37.60%), F2 gathered pH and Ca^{2+} (27.18%), F3 the WAD, EEG, MBC and P (16.69%). In the circle of correlations the variables CBM in the layer 0.05-0.10 m, ecological indexes, EEG, TOC (native forest). while the variables Mg^{2+} , pH, Ca^{2+} and K^+ (banana), the clay, Al^{3+} , WAD, P and (Na^+ without restriction) (cashew tree) and the silt in the pasture, indicating susceptibility to degradation. There was a predominance of the orders Hymenoptera, Coleoptera, Orthoptera and Aranae, as well as there was a correlation between the carbon of the microbial biomass and the ecological indices that discriminated the native forest evidencing the biological, physical, chemical, and structural quality of this area, followed by the banana. Meanwhile, WAD, P, Na^+ , Al^{3+} and clay discriminated the cashew tree, indicating the compromising of chemical attributes in this area. The variables silt, MBC and Mg^{2+} discriminated the pasture, indicating biological quality. The seasonality influenced the number of orders and the ecological indexes of diversity of macroarthropods, with a tendency for a greater number of individuals and a greater diversity of orders in the dry season.

Keywords: glomaline; multivariate; biomass carbon; ecological indices; macro arthropods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo, comunidade rural de Bela Vista, Martins/RN.	22
Figura 2. Precipitação pluvial e temperatura do município de Martins-RN.....	23
Figura 3. Áreas estudadas na comunidade rural de Bela Vista, Martins-RN 1: Mata nativa; 2: Bananeira (<i>Musa spp.</i>); 3: Pastagem Capim-elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach); 4: Cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.).	25
Figura 4. Armadilhas para captura de macroartrópodes nos períodos seco (A) e chuvoso (B) nas áreas em estudo: A1: Mata nativa; A2: Bananeira; A3: Pastagem; A4: Cajueiro. B1: Mata nativa; B2: Bananeira; B3: Pastagem; B4: Cajueiro.	29
Figura 5. Distribuição das variáveis, no círculo de correlações (a) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre os fatores 1 e 2 (b) das áreas estudadas.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Histórico de usos da terra na comunidade rural de Bela Vista em Martins/RN 1: Mata nativa; 2: Bananeira (<i>Musa spp.</i>); 3: Pastagem Capim-elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach); 4: Cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.).	24
Tabela 2. Classificação e quantificação dos macroartrópodes nos períodos seco e chuvoso, em agroecossistemas na comunidade rural de Bela Vista, Martins/RN.	31
Tabela 3. Matriz de correlação linear simples entre os atributos físicos, químicos e estruturais do solo, em agroecossistemas, comunidade rural Bela Vista, Martins/RN.	33
Tabela 4. Eixos fatoriais extraídos para atributos de biológicos, físicos, químicos e estruturais do solo.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Atributos do solo e impactos causados por sistemas de cultivo	15
2.1.2 Glomalina	17
2.1.3 Macroartrópodes do solo	18
2.2 Análise multivariada na avaliação dos atributos do solo em usos da terra	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Descrição das áreas estudadas	22
3.2 Histórico dos ambientes em estudo.....	23
3.3 Amostragem e análises dos atributos do solo	25
3.3.1 Carbono da biomassa microbiana	26
3.3.2 Glomalina Facilmente Extraível (GFE)	27
3.3.3 Atributos físicos, químicos e estrutural	28
3.4 Instalação de armadilhas para coleta e análise de macroartrópodes do solo	29
3.5 Análise estatística multivariada	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

Os solos desempenham funções essenciais para a agricultura e a humanidade, fornecendo serviços voltados ao abastecimento, alimentação, matérias-primas e suporte físico para infraestrutura e construção civil, madeiras, serviços relacionados a regulação como mitigação de enchentes, atuando na filtragem de nutrientes e contaminantes, como também armazenamento de carbono e regulamento dos gases de efeito estufa, dentre outros. (KOPITTKKE *et al.*, 2019).

No entanto, o manejo inadequado do solo promove alterações nos agroecossistemas, dentre elas: erosão, compactação, perda de nutrientes, consequentemente redução da capacidade produtiva (MARTÍNEZ-MENA *et al.*, 2020). Além disso, a degradação do solo ocasiona perda da biodiversidade, influenciando na capacidade do mesmo em desempenhar suas funções básicas e essenciais para a produção agrícola, associadas às questões ambientais, sociais e econômicas (GARCÍA-ORENES *et al.*, 2013; PACHECO *et al.*, 2018).

É inegável o impacto positivo da biodiversidade do solo sobre os usos da terra, onde a macrofauna tem papel fundamental sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal, devido as suas inter-relações com os atributos físicos, químicos e biológicos (LI *et al.*, 2022). Desta forma, a dinâmica da biota é essencial para desenvolvimento dos agroecossistemas, atuando como agente na regulação dos processos envolvendo a ciclagem de nutrientes e a decomposição da matéria orgânica, refletindo positivamente nas concentrações de carbono orgânico total (JIANG *et al.*, 2018).

Além disso, o principal aporte de carbono orgânico no solo é proveniente da decomposição dos resíduos de origem vegetal e animal que tem papel fundamental na qualidade dos agroecossistemas. Contudo, ressalta-se a importância da diversidade de cultivos no intuito de manter o carbono orgânico total, tendo em vista que inúmeros estudos apresentaram correlações significativas, quanto à manutenção e/ou melhoria dos atributos do solo, sendo consideradas sensíveis as ações antrópicas e ao padrão climático (BARRETO *et al.*, 2008; GUO *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2022; ZHAO *et al.*, 2016).

A macrofauna refere-se à diversidade de organismos no solo, além de ser um indicador da sua qualidade, pois desempenham funções importantes tanto na funcionalidade estrutural, química e biológica, quanto, no que se refere a estabilidade de agregados estáveis, nas trocas

gasosas, na dinâmica da matéria orgânica, atividade microbiana, formação de túneis e galerias promovida pelos denominados “engenheiros do solo” (ROSSI *et al.*, 2006).

Além disso, o fenômeno da sazonalidade influencia na distribuição da biodiversidade dos macroartrópodes, no aporte de resíduos orgânicos e sua decomposição, bem como, disponibilidade de nutrientes. Tomando como exemplo, em regiões áridas e semiáridas foi possível verificar que a atividade microbiana no solo tem uma maior proporção durante os meses chuvosos, enquanto no período seco, nota-se o contrário, onde a atividade microbiana tende a ser reduzida, devido as altas temperaturas e escassez hídrica, ou seja, a sazonalidade é um fator que interfere na dinâmica da macrofauna, produção de glomalina e biomassa microbiana nos solos (SANTOS *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2020).

Foram levadas em considerações duas principais hipóteses: O número de ordens e os índices ecológicos de diversidade dos macroartrópodes variam conforme o uso da terra e a sazonalidade, sendo superior no período chuvoso. Os usos da terra que mantêm o acúmulo de resíduos na superfície e ambiente preservado (mata nativa com serrapilheira) influenciam positivamente no carbono da biomassa microbiana, glomalina, agregação como também as ordens e índices ecológicos dos macroartrópodes.

Tendo em vista os aspectos relatados anteriormente, o presente estudo objetivou quantificar a macrofauna edáfica do solo, em função da sazonalidade, bem como, o carbono da biomassa microbiana, e a produção de glomalina e suas inter-relações com os atributos físicos, químicos e estruturais, em usos da terra, utilizando a técnica de estatística multivariada na diferenciação dos ambientes, localizado na comunidade Bela Vista, na região Serrana do RN.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Atributos do solo e impactos causados por sistemas de cultivo

O solo como corpo natural organizado, dinâmico e renovável, pode ser considerado um recurso não renovável por conta da destrutibilidade do mesmo. Recursos naturais que não podem ser contínuos e naturalmente repostos no decurso de eventos naturais dentro dos limites de tempo para o ser humano. Onde a erosão geológica e antrópica está em desequilíbrio e exibe interações constante com ambiente, sendo agente passivo nas inter-relações atuando diretamente sobre o desenvolvimento das plantas na medida em que se constitui o meio físico, químico e biológico impactando diretamente os recursos essenciais para o crescimento vegetal, como também questões ambientais, econômica e sociais (SIQUEIRA *et al.*, 2014).

O solo apresenta diversidade de organismos que o habitam, sendo complexo e dinâmico (Mattos, 2015), onde as relações com o meio são fundamentais para a manutenção dos agroecossistemas, sendo os mesmos impactados diretamente pelos usos agrícolas adotados. Além disso, essas relações influenciam nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, e que consequentemente, ocasionam modificações na estrutura, disponibilidade da água, bem como, na diversidade da comunidade biológica do solo (Casaril *et al.*, 2019; Lopes *et al.*, 2019), que também é influenciada pela sazonalidade (Almeida *et al.*, 2015). Os atributos físico-químicos e estruturais do solo têm sido estudados (Gennaro *et al.*, 2015; Marinho *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2018; Lopes *et al.*, 2019), porém, estudos que integrem os atributos do solo e a diversidade da população dos macroartrópodes são escassos.

Nesse sentido, se faz necessário a avaliação das inter-relações dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo em usos da terra, tendo mata nativa (caatinga) como referência, em função da mínima perturbação antrópica (PORTUGAL *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2011). Em busca do planejamento de práticas sustentáveis e condizentes com a manutenção da capacidade produtiva do solo, permitindo que o mesmo desempenhe adequadamente as suas funções essenciais (DE FREITAS *et al.*, 2017; ARRUDA *et al.*, 2018).

As frações inorgânicas (areia, silte e argila) são de fundamental importância na dinâmica dos organismos, matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, formação de agregados, capacidade de retenção de água, disponibilidade de nutrientes, dentre outros (EMBRAPA, 2023). Além disso, os agregados estáveis (primários) são formados pela fração argila, que se unem aos secundários por processos biológicos, em função da zona de agregação criada pelos diferentes sistemas radiculares oriundos das diversidades de plantas e de resíduos de origem animal e vegetal, sem falar nas interações de mutualismo que ocorrem entre os diversos componentes da

biota próxima da zona radicular. No entanto, a estabilidade dos agregados pode ser alterada ao longo do tempo em função das práticas agrícolas adotadas, onde sistemas de preparo do solo de forma intensiva compromete a sua capacidade produtiva (BRAIDA *et al.*, 2004).

Em relação a macrofauna do solo, estes organismos atuam diretamente na movimentação do solo, por meio de suas atividades exploratórias, onde distribuem quantidades significativas de nutrientes ao longo do perfil do solo, sendo também, agentes de transporte de matéria orgânica (LAVELLE *et al.*, 2016). Logo, observa-se um padrão de relação sinérgica entre a matéria orgânica e os habitantes naturais do solo, como macroartrópodes, os quais atuam conjuntamente na manutenção dos atributos do solo, sendo fatores de relevância.

2.1.1 Matéria orgânica

A matéria orgânica é a principal fonte de carbono do solo, importante agente na manutenção das propriedades físicas, químicas e da biota do solo, o que confere alta produtividade aos solos em cultivos onde são adotados manejos sustentáveis que asseguram a preservação das propriedades dos agroecossistemas. Além disso, a deposição e estabilização da matéria orgânica no solo é significativamente importante na mitigação de gases do efeito estufa, pois sua presença no ambiente edáfico implica em menos CO₂ na atmosfera, o qual contribui para o efeito estufa. Outro fator levado em consideração é que o carbono orgânico do solo depende do aporte de resíduos orgânicos de origem vegetal e animal, suas interações com ambiente e ação antrópica (ZHAO *et al.*, 2016).

Estudos apresentaram correlações significativas entre carbono orgânico total, estrutura do solo e a estabilidade dos agregados, sendo assim, um atributo sensível, sendo necessário cuidados relacionados ao manejo do solo e dos cultivos agrícolas. (GUO *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2022). Como também, destacam sua importância como agente formador do arranjo estrutural do solo, atuando de forma direta e/ou indireta sobre processos importantes, tais como, retenção e disponibilidade de água, resistência a penetração de raízes, e até mesmo comportamento mecânico avaliado pelos limites de consistência (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Certas moléculas orgânicas intermediárias, que são produzidas ao longo da decomposição da M.O, como polissacarídeos produzidos por fungos e bactérias atuam na estabilidade de macroagregados. Por sua vez, tem sua formação e estabilidade relacionadas com agentes orgânicos temporários, como hifas de fungos e raízes finas que formam uma rede que entremeia e estabiliza fisicamente os macroagregados (BRAIDA *et al.*, 2011).

Devido a isso, a M.O.S se encontra ligada aos componentes estruturais do solo e de forma direta com processos físicos, quanto a funcionalidade estrutural, fatores que estão

relacionados ao crescimento das plantas, suporte energético para a população microbiana, infiltração de água e no controle dos processos erosivos, e sua interação com os óxidos de ferro e alumínio, aderida às placas de argilominerais, complexando minerais de argila bem como, metais presentes no solo, formando os complexos argilo húmicos de alta estabilidade (BASTOS *et al.*, 2005).

2.1.2 Glomalina

Além das partículas minerais e orgânicas, existem no solo uma variedade de organismos vivos interagindo e definindo a qualidade do mesmo (SILVA *et al.*, 2016). Os microrganismos são uma parte importante dentro da gama de habitantes do solo, sendo que do ponto de vista estrutural, em especial os fungos, são agentes de grande importância na formação e estabilização de agregados mais complexos no solo em associação com a matéria orgânica. Além disso, durante o processo de decomposição da matéria orgânica, os micro-organismos são essenciais do ponto de vista da ciclagem de nutrientes, sendo os responsáveis por devolver ao solo, bem como a atmosfera, os constituintes bioquímicos da matéria viva (DE SÁ SOUZA, 2018).

As interações bioquímicas da biomassa microbiana com os elementos do solo são de relevância, por exemplo, em importantes fluxos de C, N e P dentro dos ecossistemas, como a mineralização ou imobilização, são regulados pela comunidade microbiana do solo (MOOSHAMMER *et al.*, 2012, MOOSHAMMER *et al.*, 2014). Resultados de muitos trabalhos indicam que a relações de equilíbrio químico do solo (relação elementar dos principais nutrientes C:N:P) pode responder às modificações da comunidade vegetal, por meio de alterações na decomposição da folhagem e das raízes (FANIN *et al.*, 2013), e reflete o grau de decomposição (ZECHMEISTER-BOLTENSTERN *et al.*, 2015).

Dentre os microrganismos que habitam o solo, alguns grupos estão especialmente relacionados com os processos de agregação dos solos. Entre estes grupos microbianos constam os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA), filo Glomeromycota. Sua importância se dá não apenas pelo efeito mecânico das hifas, mas também pela produção de uma glicoproteína de natureza hidrofóbica denominada glomalina. Dentre as principais funções desta proteína estão o auxílio na proteção das hifas fúngicas à dessecação e na agregação das partículas minerais e orgânicas presentes no solo (BARTO *et al.*, 2010; PENG *et al.*, 2013). A natureza da glomalina (resistência ao calor, insolubilidade e hidrofobicidade) garantem sua função cimentante, sendo usualmente utilizada em estudos de agregação devido à forte correlação com a estabilidade de agregados (PENG *et al.*, 2013).

De forma prática, essa proteína é separada em duas frações: fração 1, ou facilmente extraível; e fração 2, ou total (extraída com dificuldade) (WRIGHT; UPADHYAYA, 1996). A fração 1 é atribuída com a glomalina recentemente produzida pelos fungos, enquanto fração 2 seria o resultado do acúmulo da primeira em função do tempo, mais recalcitrante, e sofreria ações de intemperismo (WRIGHT; UPADHYAYA, 1996; KOIDE; PEOPLES, 2013; WU *et al.*, 2014).

Considerando ecossistemas em clímax, com baixo grau de distúrbio, tais como as florestas e áreas de vegetação nativa, a microbiota encontra-se em equilíbrio com o solo, mantendo assim, diversidade de organismos vivos. Em situações de distúrbio, como os provocados pelas práticas agrícolas, esse ecossistema sofre quebra do equilíbrio e importantes alterações na microbiota podem ocorrer (ANDREOLA; FERNANDES, 2007). Em estudos de microrganismos com atividades específicas, envolvidos nos ciclos do C como os celulolíticos, do N como os amonificantes e desnitrificantes e do P, como os solubilizadores de fosfato e fungos micorrízicos arbusculares e suas estruturas, foram observados impactos das práticas agrícolas e de agroecossistemas nas populações desses grupos de habitantes edáficos, o que reforça a necessidade de práticas conservacionistas (ZANGARO *et al.*, 2007; BONFIM *et al.*, 2010; MELLONI *et al.*, 2013)

Devido a sensibilidade dos microrganismos aos sistemas de cultivo, estes são considerados bioindicadores, sendo estudados em relação a sua diversidade ou suas atividades bioquímicas que desempenham, por exemplo, a análise dos teores de glomalina no solo, fornece informações sobre a ocorrência de fungos micorrizicos bem como correlaciona-se com a formação de agregados e arranjo estrutural do solo.

2.1.3 Macroartrópodes do solo

Em relação a macrofauna do solo, esse termo é utilizado para designar os organismos invertebrados que cumprem uma etapa do seu desenvolvimento ou, que permanecem durante toda a vida no solo, sendo os componentes da fauna edáfica, os quais são classificados quanto ao tamanho corporal como: microfauna (até 0,2 mm), mesofauna (0,2 – 2,0 mm) e macrofauna (> 2,0 mm) (BARRETA *et al.*, 2011). A macrofauna, abrange os organismos visíveis a olho nu, e é composta por diversidade de organismos, pertencentes a mais de 20 grupos taxinômicos, entre eles os artrópodes (BROWN *et al.*, 2015).

Os macroartrópodes habitantes do solo são organismos relevantes na ciclagem de nutrientes, degradação da matéria orgânica e estruturação do solo, sendo estes influenciados pelo ambiente. O filo Arthropoda reúne maior diversidade de espécies do reino animal, onde os

artrópodes mais representativos dessa classificação são as formigas, baratas, tesourinhas, grilos, besouros, aranhas, centopeias, piolhos-de-cobra, escorpiões, percevejos, cigarras e outros (BARRETA *et al.*, 2011; BROWN *et al.*, 2015).

Os artrópodes que habitam o solo são muitas vezes denominados “engenheiros do ecossistema”, ou engenheiros do solo (MENDES, 2020). Com maior relevância, insetos como as formigas, besouros e cupins atuam na formação e estruturação do solo, além de suas funções como detritívoros, onde fragmentam e distribuem resíduos vegetais, facilitando a ação decompositora dos microrganismos (LAVELLE *et al.*, 2016). À medida que se desenvolvem esses invertebrados promovem alterações físico-químicas e estruturais no solo, como formação de agregados, areação do solo e facilitam a ciclagem de nutrientes disponibilizando-os para as plantas, além de estar entre os principais dispersores secundários de semente e controle biológico de parasitas (LAVELLE *et al.*, 2016; COSTA; DRESCHER, 2018; SOUZA *et al.*, 2018).

Os macroartrópodes edáficos possuem significativa diversidade e abundância, dependentes das interações entre os agentes ambientais: solos, clima e vegetação (CASARIL *et al.*, 2019). As diferentes composições das populações vegetais, quer sejam naturais ou agroecossistemas, tem efeito sobre o padrão de diversidade e composição da comunidade da fauna edáfica e dos atributos do solo, que se mostram sensíveis às modificações exercidas pelos ambientes (ROSA *et al.*, 2015; LIMA *et al.*, 2019). Compreender a importância dos componentes vivos que habitam o solo pode gerar conhecimentos em relação a necessidade de uso sustentável do ambiente (BROWN *et al.*, 2015; DA PAZ-LIMA, *et al.*, 2016). Ao analisar essas inter-relações, busca-se subsídios para direcionar ao planejamento adequado das atividades agrícolas e conservação da capacidade produtiva do solo. Considerando que, a avaliação em termos de quantificação e diversidade da macrofauna contribui na avaliação dos ambientes e auxilia no planejamento de manutenção e/ou recuperação dos agroecossistemas (DA PAZ-LIMA *et al.*, 2016)

Ressalta-se ainda que a região semiárida do nordeste do Brasil apresenta padrão climático característico, com períodos de precipitação pluvial definidos, chuvoso e seco (ALMEIDA *et al.*, 2015). Nesse contexto, surge a necessidade de conhecer a variação das populações de macroartrópodes do solo relacionando à sazonalidade da região, pois fatores como umidade, temperatura, disponibilidade de alimento, aporte de matéria orgânica ao solo entre outros, influenciam no quantitativo bem como na diversidade de macroartrópodes.

2.2 Análise multivariada na avaliação dos atributos do solo em usos da terra

A quantidade de variáveis que normalmente são abrangidas em estudos envolvendo análises de solo, principalmente devido ao fato dessas variáveis se correlacionarem umas com as outras de forma complexa, podem acabar não sendo adequadamente expressas em modelos com delineamento experimental definidos (univariada). Para pesquisas dessa natureza, há uma melhor adequação da técnica de análise estatística multivariada, sendo considerada importante ferramenta para auxiliar na interpretação das inter-relações dos resultados obtidos. Bem como, eficiência em estudos que apresentam variabilidade dos atributos do solo em agroecossistemas, como também, permite discriminar atributos que mais contribuem para a distinção entre os ambientes estudados (HAIR JÚNIOR *et al.*, 2009).

Os métodos de análise multivariada são resultantes de análise estatística que contemple os fundamentos da probabilidade, tais quais: testes de hipótese, nos quais se tem um pressuposto da população a partir da amostra, sendo muito mais abrangente que a análise univariada (ANOVA), portanto, por se tratar de um elevado número de variáveis, uma opção melhor é a utilização da análise multivariada (SILVA *et al.*, 2015). Tais métodos vêm sendo utilizados de forma efetiva em diversos estudos relacionados as ciências do solo, contemplando características físicas, estruturais, químicas e biológicas em diversos agroecossistemas e florestas.

Lopes *et al.* (2019) ao estudar a caracterização físico-química e estrutural dos atributos do solo no semiárido do RN, detectou a influência da multivariada na eficiência da distinção dos ambientes, corroborando os resultados da presente pesquisa, identificando os atributos relacionados a estrutura do solo, tais como a fração argila, microporosidade, porosidade total e de aeração indicam condições críticas restrições ao crescimento das plantas, constituindo em limitações de aeração, juntamente com os químicos Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB, pH e K^+ , evidenciando as inter-relações existentes entre a fração argila e os agregantes (Ca^{2+} , Mg^{2+}) na formação da estrutura do solo.

Silva *et al.* (2018) avaliando a curva de retenção de água no solo no semiárido potiguar, obteve resultados semelhantes, identificando os atributos físicos estruturais, densidade do solo, capacidade de campo, água disponível, ponto de murcha permanente, macro e microporosidade como também a porosidade de aeração, considerado os mais sensíveis na distinção dos ambientes em Cambissolos, em função dos teores de argila, o que refletiu nos maiores conteúdos de água retido nos horizontes subsuperficiais, ocorrendo redução naqueles em que houve comprometimento da aeração e conseqüentemente dos fluxos de água, ar, calor e nutrientes.

Marinho *et al.*, (2016) estudando os atributos químicos em área agrícola tradicional e caatinga manejada em diferentes profundidades de um Cambissolo demonstrou a importância da multivariada na seleção dos atributos de maior peso fatorial, com destaque para os atributos matéria orgânica do solo, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} foram os mais sensíveis indicadores nas alterações no usos da terra estudada, mostrando que os ambiente com preparo intensivo do solo ocorrem modificações dos seus atributos, com destaque para os químicos e físicos estruturais.

Santos *et al.* (2012) ao estudar os atributos em Neossolo associados com usos agrícolas no Semiárido do Rio Grande do Norte corrobora a presente pesquisa, na medida em que sinaliza que os sistemas agrícolas com práticas conservacionistas, destacou-se os atributos químicos pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , soma das bases, contudo os mais sensíveis foram Al^{3+} e $H + Al$.

Ao estudar a correlação entre a comunidade de macroatropodes edáficos em diferentes usos do solo e mata nativa usando análise multivariada, Mendes (2020) por meio da análise de componentes principais (ACP) apresentou correlação da abundância dos organismos mais frequentes nas áreas de estudo (Hymenoptera, Coleóptera, Orthóptera, Díptera, Araneae, Hemíptera e Scutigeromorpha) com os atributos físicos, químicos e estruturais do solo: Granulometria (Areia, silte e argila), densidade do solo (DS), macroporosidade (Macro), microporosidade (micro), diâmetro médio ponderado, carbono orgânico total (COT), pH, cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), fósforo (P), potássio (K^+) e capacidade de troca catiônica (CTC).

Tais resultados, apontam a eficiência do uso das ferramentas da estatística multivariada em diferentes contextos na ciência do solo, tanto na caracterização dos ambientes, como no estabelecimento das interações entre as variáveis de natureza física, estrutural e biológicas em usos da terra e ocupações edáficas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição das áreas estudadas

A pesquisa foi realizada na comunidade rural de Bela Vista, situado no município de Martins, estado do Rio Grande do Norte, inserido na mesorregião do Oeste Potiguar e microrregião de Umarizal, (Figura 1). O clima, conforme a classificação de Köpper é do tipo Aw (Tropical chuvoso), com verão seco e estação chuvosa adiantando-se para o outono (Alvares et al., 2013), a vegetação clímax no planalto da Serra do Martins é a floresta subcaducifolia (JACOMINE, 1971).

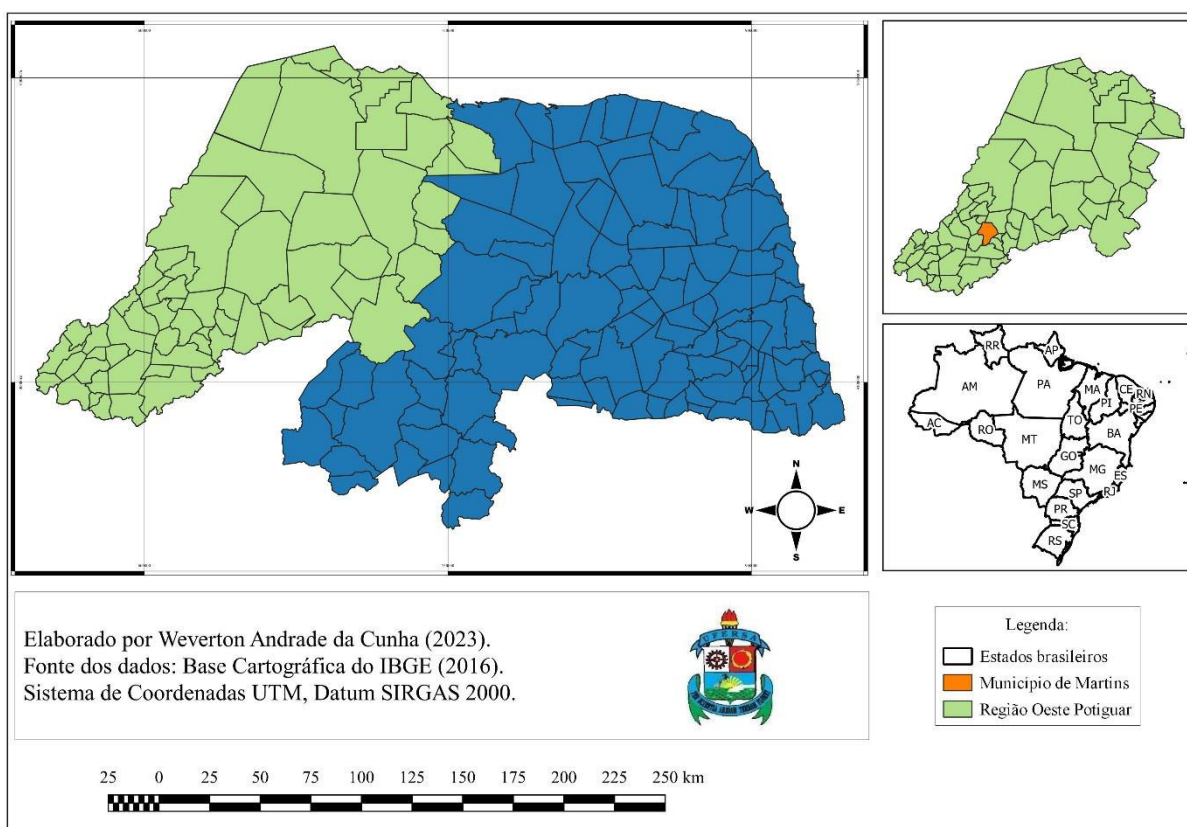


Figura 1. Localização da área de estudo, comunidade rural de Bela Vista, Martins/RN.

O município de Martins apresenta temperatura média de 23,2 °C e média de precipitação pluvial de 1.230 mm, (Figura 2). Os dados de precipitação pluvial e temperatura (setembro de 2021 a setembro de 2022) foram obtidos conforme dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN, 2023). A precipitação pluvial anual apresenta distribuição com maior concentração das chuvas nos meses do ano de janeiro a maio e estiagem nos meses de setembro a outubro, identificando a sazonalidade no período de instalação das armadilhas para coleta dos macroartropodes.

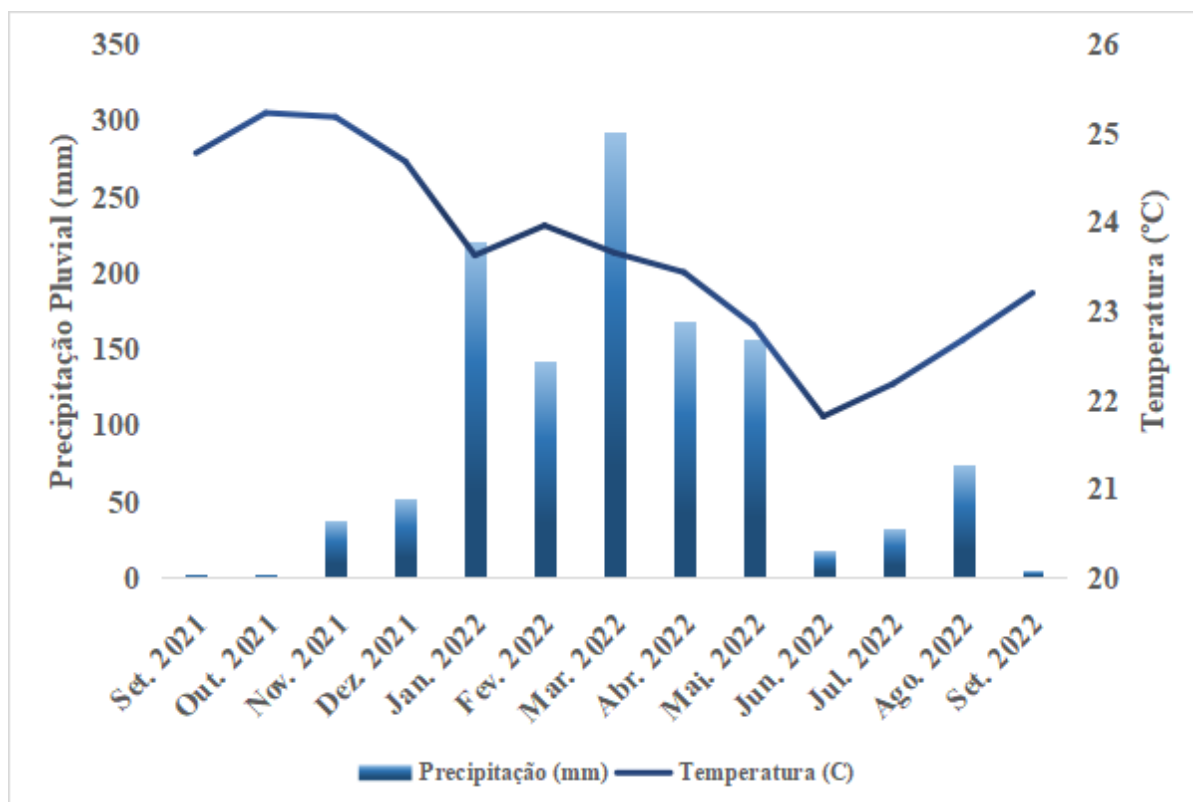


Figura 2. Precipitação pluvial e temperatura do município de Martins-RN.

3.2 Histórico dos ambientes em estudo

Nas visitas a campo foram avaliados quatro ambientes representativos na comunidade rural de Bela Vista, que se seguem: Mata nativa, Bananeira (*Musa* spp.), Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach), e o Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) (Tabela 1).

Tabela 1. Histórico de usos da terra na comunidade rural de Bela Vista em Martins/RN 1: Mata nativa; 2: Bananeira (*Musa spp.*); 3: Pastagem Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach); 4: Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.).

Agroecossistemas	Coordenadas		Histórico de uso
	Geográficas		
Área de Mata nativa/ NEOSSOLO	6° 03' 35,5" S 37° 56' 06,6" W		Área que apresenta mata preservada, não tendo histórico de desmatamento ou cultivos agrícolas na mesma. A vegetação predominante é a subcaducifolia composta por árvores de folhas largas, troncos relativamente delgados e densos, característica de zonas de clima tropical chuvoso. As espécies vegetais frequentemente encontradas são: timbauba (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>), pitombeira (<i>Talisia esculenta</i>), jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i>), Goiabinha (<i>Psidium firmum</i>), cumarú (<i>Amburana cearensis</i>), entre outras.
Área de Banana/ NEOSSOLO	6° 03' 42" S 37° 56' 06" W		A área da bananeira (<i>Musa spp</i>) apresenta um historico de monocultivo acima de 10 anos. Onde para a instalação do bananal realizaram o preparo da área e o plantio de forma mecanica pelos agricultores, fizeram uso de mudas de bananeira c.v prata, levando em consideração o espaçamento de 3 m entre plantas, aplicando esterco animal bovino e suíno.
Capim elefante pastagem/ NEOSSOLO	6° 03' 41" S 37° 56' 04" W		Durante o preparação da área realizou-se uma aração e uma gradagem visando o estabelecimento da gramínea. Antes do plantio, a região estava em desenvolvimento agrícola (pousio). Os agricultores não utilizam defensivos agrícolas e adubos minerais na área. Essa gramínea tem sido empregada como fonte de alimento para animais.
Área de Cajueiro/ LATOSSOLO	6° 03' 41" S 37° 56' 04" W		A área de caju (<i>Anacardium occidentale</i> L.) tem extensão de aproximadamente 3 a 4 hectares apresentando historico de 17 anos de monocultivo do caju. Em relação ao manejo do solo realiza a roçagem fazendo uso de trator frequentemente e gradagem. Não se utiliza nenhum defensivo químico, como também não é aplicado adubos minerais.

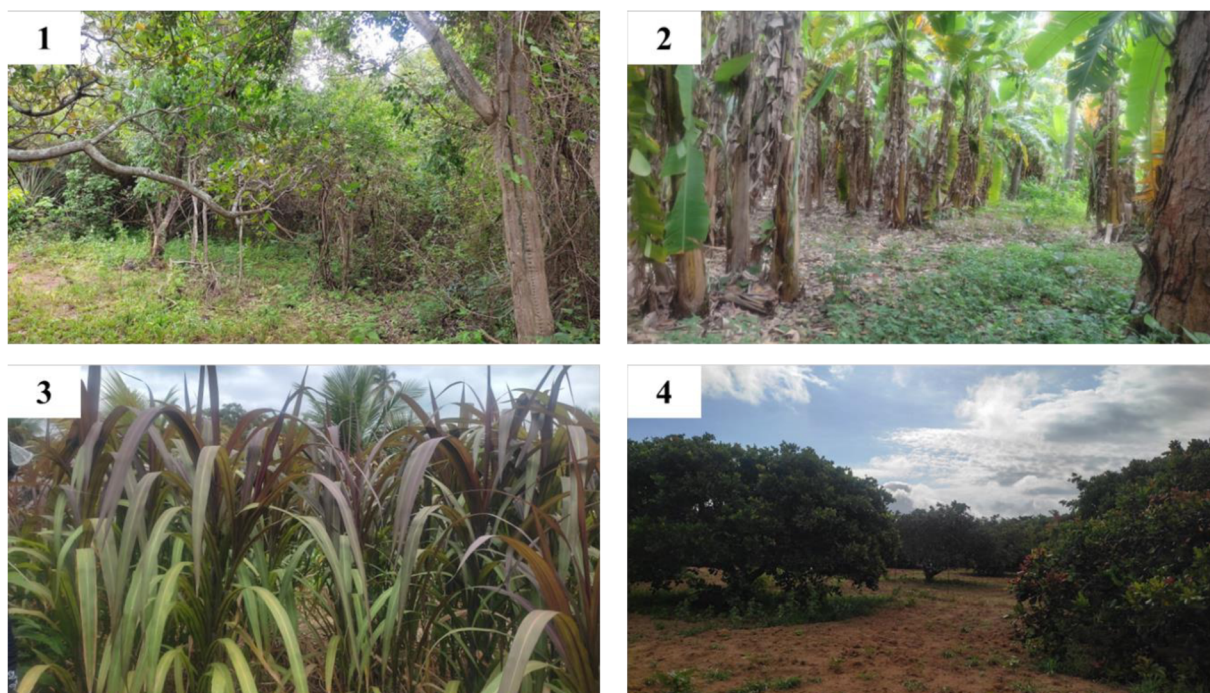


Figura 3. Áreas estudadas na comunidade rural de Bela Vista, Martins-RN 1: Mata nativa; 2: Bananeira (*Musa* spp.); 3: Pastagem Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach); 4: Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.).

3.3 Amostragem e análises dos atributos do solo

Foram coletadas amostras com estruturas deformadas e indeformadas, localizadas próximo aos pontos onde foram instaladas as armadilhas de coleta dos macroartrópodes, nas camadas de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m em cada área do estudo.

As amostras com estrutura deformada foram coletadas com auxílio do trado holandês, retiradas 20 subamostras em cada área e camada supracitada, foram homogeneizadas para formação de uma amostra composta, as amostras compostas foram beneficiadas por meio de destorroamento e peneiramento em malha de 2 mm, que foi reservada, obtendo-se a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), para realização das análises em triplicata no laboratório, dos atributos biológicos: Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), Carbono Orgânico Total (COT) e Glomalina Facilmente Extraível (GFE), dos atributos físicos: (areia, silte e argila) e Químicos: pH em água, cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$), potássio (K^+), fósforo (P), sódio (Na^+).

As amostras com estrutura indeformada foram coletadas em blocos de solos em cada área e camada supracitada, realizou-se a separação dos agregados por unidade de fraqueza (mãos) em peneiras acopladas de malhas de 4 e 2 mm, sendo reservados os agregados retidos

na peneira de 2 mm, para realização das análises de estabilidade de agregados e determinação do diâmetro médio ponderado (DMP).

3.3.1 Carbono da biomassa microbiana

O Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) foi determinado pelo método da irradiação-extração seguindo a metodologia de Mendonça e Matos (2005). Em cada área estudada foram separadas seis subamostras contendo 20g de solo fresco. As amostras foram conduzidas e coordenadas em triplicatas, passadas em peneiras de 2 mm, três amostras foram irradiadas em micro-ondas, e as outras três não-irradiadas.

Para extrair o carbono da biomassa microbiana, foi utilizada uma solução extratora de sulfato de potássio (K_2SO_4 a 0,5 mol. L^{-1} com pH ajustado entre 6,5 – 6,8), e a determinação foi realizado conforme Tedesco (1995) usando a solução 0,066 mol. L^{-1} de dicromato de potássio $K_2Cr_2O_7$, sulfato de potássio K_2SO_4 água destilada em seguida adicionado o indicador ferroin sendo determinada por meio de titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,03 mol. L^{-1} .

Em seguida, foram pesadas 20 g de amostra de solo em uma placa de Petri com uso de uma balança analítica para as amostras irradiadas e outros 20 g no erlenmeyer para as amostras não-irradiadas. Após o processo de irradiação, as amostras foram transferidas para o erlenmeyers onde foi adicionado 80 mL da solução extratora nas amostras irradiadas e não-irradiados. Os erlenmeyers foram agitados por 30 minutos em seguida colocados em repouso por mais 30 minutos, posteriormente o material sobrenadante foi filtrado e 10 mL do extrato filtrado foi transferido para um erlenmeyer de 125 mL, onde foi adicionado 2 mL da solução de dicromato de potássio e 10 mL de ácido sulfúrico. Após o resfriamento, foram adicionados 50 mL de água destilada, e após novo resfriamento foram adicionadas 3 gotas de indicador ferroin, onde a solução foi submetida ao processo de titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,03 mol. L^{-1} .

Foram feitas 6 provas de branco, 3 com adição de 80 mL K_2SO_4 (solução extratora) e demais reagentes e 3 sem K_2SO_4 , contendo todos os demais reagentes. O carbono na biomassa microbiana foi determinado a partir das equações 1 e 2.

$$CI_{NI} = \frac{(vb-vam) \text{ (molaridade do sulfato ferroso)} (3) (1000) \text{ (vol.extrator)}}{(\text{volume do extrato*}) \text{ (peso do solo)}}$$

Equação 1

Onde:

Volume do extrato* é volume utilizado para a determinação do carbono (mL);

Vb: volume do branco (mL);

Vam: volume da amostra (mL);

1: resultado da relação entre o número de mols de Cr_2O_7^- que reage Fe^{2+} (1/6), multiplicado pelo número de mols de Cr_2O_7^- que reagem com o C0 (3/2), multiplicado pela massa atômica do C (12); 1000: fator de conversão de unidade.

Com o uso da Equação 2 foi calculado:

$$\text{CBMS} \left(\mu \frac{\text{g}}{\text{g}} \right) = \frac{\text{CI}-\text{CNI}}{\text{Kc}}$$

Equação 2.

Onde:

CI: amostra irradiada;

CNI: amostra não irradiada;

Kc = 0,33 constante para o método de irradiação-extração de CBMS

3.3.2 Glomalina Facilmente Extraível (GFE)

Para a determinação da glomalina foi adotada a metodologia de extração de Wright e Upadhyaya (1996). Para isso, as amostras de solo foram pesadas e secas em estufa à 60° C por 48 horas, após isso, pesou-se 1 g de solo em tubos Falcon com capacidade para 50 ml em triplicatas, onde foram adicionados 8 mL de solução tampão citrato de sódio 20 mM (pH 7) em cada tubo, que foi autoclavado por 30 minutos a 121°C. Em seguida os frascos foram centrifugados a 5000 rpm por 10 minutos.

Para a quantificação da concentração de glomalina pipetou-se 100 µL do extrato em tubo de ensaio, nos quais foram adicionados 2 mL do reagente de Bradford. Em seguida os tubos foram colocados no agitador em vórtex por 10 minutos, após isso foram realizadas as leituras de absorbância em espectrofotômetro a 595 nm (Bradford, 1976), utilizando albumina de soro bovino como padrão.

As concentrações de glomalina foram corrigidas para mg. g⁻¹ de solo, determinando o volume total do sobrenadante e a massa seca do solo.

3.3.3 Atributos físicos, químicos e estrutural

A análise granulométrica foi efetuada pelo método da pipeta, usando o dispersante químico hexametáfosfato de sódio e água destilada em 20 g da terra fina seca ao ar (TFSA) com agitação mecânica lenta (Agitador tipo Wagner 50 rpm) por um período de 16 horas. A areia (2 a 0,05 mm) foi quantificada por tamisação, a argila (<0,002 mm) por sedimentação e o silte (0,05 a 0,002 mm) por diferença entre as frações areia total e argila, conforme Teixeira et al. (2017).

As análises químicas foram: O pH em água, teor de cálcio trocável (Ca^{2+}) e magnésio trocável (Mg^{2+}) com extrator cloreto de potássio, acidez potencial (H+Al) com utilização de acetato de cálcio, análise do fósforo (P), sódio (Na^+) e potássio (K^+) com extrator Mehlich 1, sendo analisados conforme (TEIXEIRA *et al.*, 2017). Em seguida foi calculado a saturação por bases (V). O carbono orgânico total (COT) foi determinado por meio da titulação do dicromato de potássio 0,167 mol L⁻¹ remanescente com sulfato ferroso amoniacal após o processo de oxidação por via úmida, conforme metodologia proposta por Yeomans e Bremner (1988).

Na análise de agregados, empregou-se o método de peneiramento via úmido (Kemper e Rosenau, 1986), com conjunto de quatro peneiras com diâmetros de malha: 4,76 a 2mm; 2 a 1mm; 1 a 0,5mm e 0,5 a 0,25mm. Após a separação dos agregados, obtido por agitação em água por meio do aparelho de oscilação vertical (42 oscilações/minuto), as amostras foram levadas à estufa para secagem a 105°C. Com a obtenção da massa seca foi descontado o teor de areia, e posteriormente obtida a distribuição do tamanho dos agregados e o diâmetro médio ponderado para cada uma das camadas em estudo, sendo calculado conforme equação 3:

$$\text{DMP} = \sum_{i=1}^N X_i \cdot W_i$$

Equação 3

Onde:

DMP – diâmetro médio ponderado, por via úmida, em mm.

x_i – diâmetro médio de cada classe, em mm.

w_i – proporção de agregados em cada classe/peneira, em %.

.

3.4 Instalação de armadilhas para coleta e análise de macroartrópodes do solo

Para identificação e quantificação dos macroartrópodes foram instaladas 10 armadilhas do tipo Provid nos quatro ambientes representativos: Mata nativa, Bananeira, Capim e o Cajueiro, em transecto, espaçadas a uma distância de 5 m, totalizando 40 armadilhas.

Os períodos de instalações ocorreram nos meses de setembro de 2021 e maio de 2022 respectivamente, identificando o período seco e chuvoso na região. As armadilhas tipo Provid utilizadas no estudo foram produzidas com garrafas plásticas com capacidade de 2 L, e em cada recipiente foi feito quatro orifícios com dimensões de 2 x 2 cm na altura média de 15 cm de sua base (Figura 4). Cada armadilha continha 20 ml de uma solução de detergente neutro a 10%, 30 mL de álcool etílico a 70%, 50 mL de água, totalizando 100 mL de solução preservante. Após instalação, as armadilhas permaneceram no local por um período de três dias (72 horas) (ALMEIDA *et al.*, 2015).

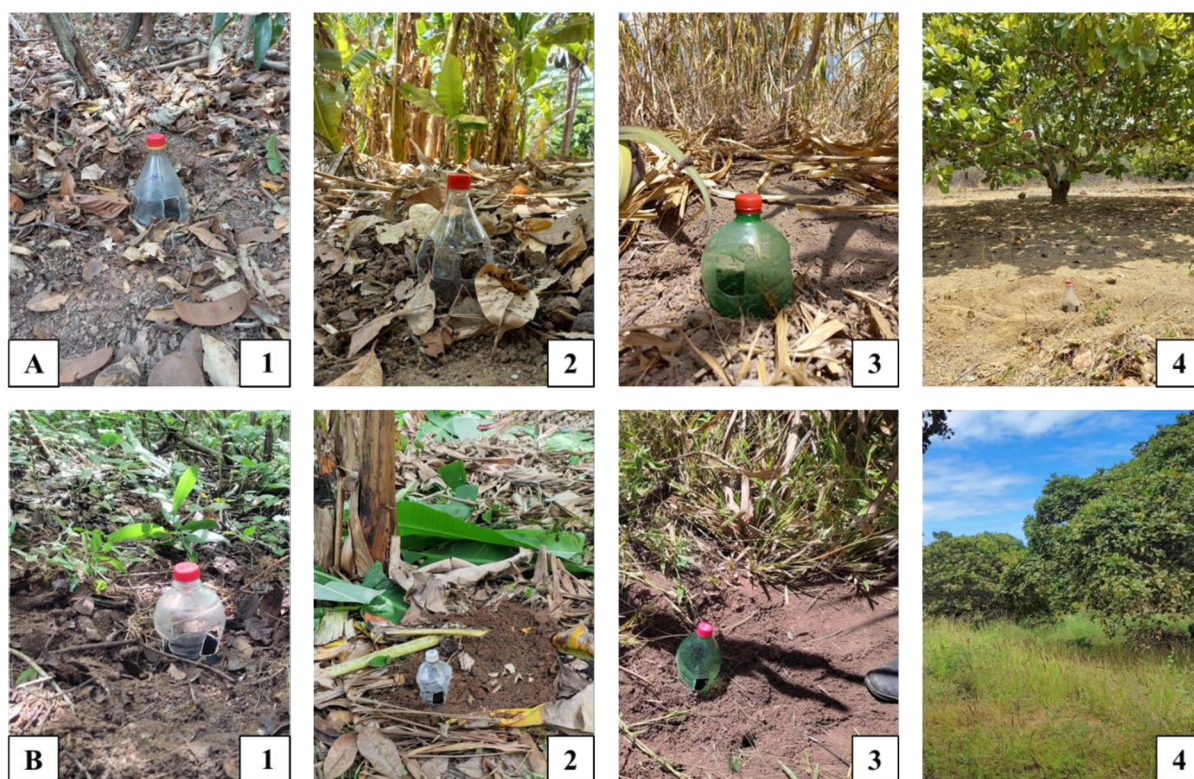


Figura 4. Armadilhas para captura de macroartrópodes nos períodos seco (A) e chuvoso (B) nas áreas em estudo: A1: Mata nativa; A2: Bananeira; A3: Pastagem; A4: Cajueiro. B1: Mata nativa; B2: Bananeira; B3: Pastagem; B4: Cajueiro.

Posteriormente as armadilhas foram levadas ao Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semiárido (LASAP-

CCA-UFERSA). O material foi lavado e passou por triagem, permanecendo em peneira de 0,25 mm.

Para a classificação dos macroártropodes coletados foi utilizada lupa binocular, sendo os mesmos identificados e classificados com base em suas características morfológicas de forma manual. O número de indivíduos (abundância), reunindo os mesmos no grupo taxonômico e Ordem. Na avaliação quantitativa foi realizado a mensuração do número total de organismos presentes (abundância de espécies) como também a frequência de ocorrência (%). Após a quantificação, os organismos ficaram expostos ao ar, até secar totalmente para em seguida obter a biomassa seca (g). Mediante o uso dos índices de diversidade de Shannon e dominância de Simpson, foi possível estabelecer comparações entre as comunidades de indivíduos nos diferentes agroecossistemas e os períodos de coletas. (SIMPSON, 1949; BEGON *et al.*, 1996;).

Para medir em dados categóricos a frequência relativa e os índices ecológicos de diversidade, utilizou-se o índice de Shannon $H = - \sum (p_i) \cdot (\log_2 p_i)$, e o índice de dominância de Simpson em que $D = \sum n(n_i - 1) / N(N - 1)$. Os resultados para o índice de Shannon sofrem variações de 0,0 a 5,0 onde quanto mais se aproxima de zero indicam uma menor diversidade e, correspondentemente maior a dominância de um ou mais grupos na comunidade. Já o índice de Simpson (S) tem valor variando de 0,0 a 1,0, quanto mais próximo o valor de D estiver de 1, menor será a diversidade de habitat e quanto mais próximo o valor de D estiver de 0, maior será a diversidade do habitat.

3.5 Análise estatística multivariada

Com a utilização das técnicas de análise estatística multivariada, foi possível estabelecer as inter-relações entre os macroartrópodes, os atributos físicos, químicos e estruturais do solo bem como em relação a sazonalidade. Para a interpretação, primeiramente foi realizada a análise de correlação de Pearson ($p \leq 0,05$) com o propósito de identificar as correlações mínimas justificáveis para o uso na matriz de dados. Em seguida, os dados foram padronizados pela matriz de correlação e submetidos às técnicas de Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise Fatorial (AF) com auxílio do software Statistica 7.0 (Statsoft., 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em períodos distintos (seco/chuvoso) de amostragem foram encontrados 15 diferentes grupos taxonômicos em nível de ordem para a comunidade de macroartrópodes edáficos, entre eles: Hymenóptera, Coleóptera, Díptera, Ortóptera, Araneae, Blatódea, Mantódea, Hemíptera, Diplopoda, Scutigeromorpha, Scorpionidae, Dermaptera, Thysanura, Isoptera, Chilopoda, Thysanoptera e Larva de Thysanoptera (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação e quantificação dos macroartrópodes nos períodos seco e chuvoso, em agroecossistemas na comunidade rural de Bela Vista, Martins/RN.

Ordens	Banana		Área de Pastagem		Área de Cajueiro		Mata Nativa	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Número de indivíduos								
ARA	2	10	7	6	4	1	4	7
HYM	183	30	216	533	92	219	87	73
COL	22	11	1	18	14	32	14	20
ORT	4	4	4	3	-	68	14	1
DÍP	1	24	-	13	1	7	1	7
BLA	-	-	-	1	-	-	1	-
HEM	-	-	-	-	-	-	-	1
SCO	-	-	-	-	-	-	1	-
SCU	-	-	-	-	1	-	-	-
L. LEP	-	-	-	-	-	-	-	-
LEP	-	-	-	-	-	-	-	-
ODO	-	-	-	-	-	-	-	-
CHI	-	2	-	-	-	-	-	-
PHA	-	-	-	-	-	-	-	-
THY	-	-	-	8	-	-	-	-
ISO	-	53	1	-	-	-	-	-
DER	-	-	-	8	-	-	-	-
DIPL	-	2	-	-	-	-	-	-
LAR.THY	-	-	-	2	-	-	-	-
TOTAL	212	136	229	592	112	327	122	109

ARA: Araneae, HYM: Hymenoptera, COL: Coleoptera, ORT: Orthoptera, DIP: Díptera, BLA: Blatodeae, HEM: Hemiptera, SCO: Scorpionidae, SCU: Scutigeromorpha, L. LEP: Larva de Lepidoptera, LEP: Lepidoptera, ODO: Odonata, CHI: Chilopoda, PHA: Phasmatodea, THY: Thysanoptera, ISO: Isoptera, DER: Dermaptera, DIPL: Diplopoda, LAR. THY: Larva de Thysanura,

Nos ambientes avaliados no estudo, verificou-se que no período seco foram encontrados 8 grupos taxonômicos, com predomínio de Hymenóptera, Coleóptera, Díptera, Ortóptera e Araneae. Já no período chuvoso foram encontradas 13 ordens, sendo que os Hymenóptera, Coleóptera, Ortóptera, Araneae, apareceram com maior frequência. Conforme Nutting (1969),

as condições climáticas no período chuvoso são consideradas melhores para o aumento da abundância de insetos. Além disso, a estação chuvosa promove um aumento na biomassa vegetal que consequentemente aumenta a oferta de recurso para diversas espécies como himenóptera, ortóptera, coleóptera entre outras (MACHADO *et al.* 1995; VASCONCELLOS *et al.*, 2010).

Em linhas gerais, se tratando do período de amostragem, as frequências da ordem Himenóptera tenderam a um aumento durante esse período. Essa tendencia também foi observada por Forstall-Sosa *et al.* (2021), que obtiveram resultados semelhantes, onde a ordem dominante himenóptera aumentou no período chuvoso. Nesse estudo, houve, contudo, exceções, onde ocorreu maior frequência dessa ordem no período seco para a área da banana e mata nativa, como também, a ordem coleóptera seguindo a mesma tendencia para essas mesmas áreas. Em relação a isso, os principais organismos representantes dos Hymenópteras foram as formigas, pertencentes à família Formicidae, estando entre os invertebrados mais abundantes encontrados nos ecossistemas terrestres (NETO *et al.*, 2018; LIMA *et al.*, 2019). Rosa *et al.* (2015) destaca que, as espécies Formicidae são menos exigentes quanto às condições de ambiente, necessitando apenas de estabilidade quanto aos atributos físicos do solo, como maior presença de macroporos. Por outro lado, macroatrópodes como as Araneae e Chilopoda, que são predadores mais ativos, requerem cadeias alimentares estabelecidas para sua maior ocorrência.

A matriz de correlação (Tabela 3) apresentou elevado número de correlações positivas e negativas ($P < 0,05$), entre as variáveis físicas, estruturais e químicas estudadas. Essa forte correlação indica adequação dos dados para a utilização das análises Fatorial (AF) e componentes principais (ACP).

Tabela 3. Matriz de correlação linear simples entre os atributos físicos, químicos e estruturais do solo, em agroecossistemas, comunidade rural Bela Vista, Martins/RN.

	Areia	Silte	Arg.	DMP	COT	CBM	GFE	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	V	Shannon/seco	Simpson/Seco	Shannon/chuvoso	Simpson/chuvoso
Areia	1,00																		
Silte	-0,60	1,00																	
Arg.	-0,75	-0,08	1,00																
DMP	0,35	-0,57	0,03	1,00															
COT	0,88	-0,47	-0,70	0,59	1,00														
CBM	0,11	0,14	-0,24	0,49	0,18	1,00													
GFE	0,59	-0,24	-0,54	0,77	0,85	0,85	1,00												
pH	0,31	0,44	-0,75	0,06	0,49	0,56	0,61	1,00											
P	0,26	-0,37	-0,02	0,78	0,48	0,81	0,71	0,10	1,00										
K ⁺	0,26	0,24	-0,52	-0,63	0,08	-0,48	-0,16	0,43	-0,56	1,00									
Na ⁺	0,16	-0,57	0,27	0,02	0,03	-0,38	-0,27	-0,67	0,23	-0,30	1,00								
Ca ²⁺	0,42	0,24	-0,72	-0,60	0,22	-0,31	-0,06	0,51	-0,54	0,95	-0,27	1,00							
Mg ²⁺	0,02	0,20	-0,20	0,05	0,27	-0,25	0,13	0,30	-0,29	0,02	-0,19	0,10	1,00						
Al ³⁺	-0,25	-0,44	0,68	0,32	-0,40	0,26	-0,28	-0,75	0,18	-0,72	0,35	-0,74	-0,43	1,00					
V	0,22	0,42	-0,62	-0,19	0,26	0,16	0,33	0,88	0,02	0,60	-0,53	0,60	-0,03	-0,67	1,00				
Shannon/seco	0,67	-0,43	-0,48	0,39	0,76	0,03	0,55	0,06	0,33	-0,04	0,29	0,12	0,28	-0,27	-0,25	1,00			
Simpson/Seco	0,66	-0,42	-0,47	0,38	0,74	0,05	0,53	0,03	0,33	-0,06	0,30	0,11	0,24	-0,25	-0,27	1,00	1,00		
Shannon/chuvoso	0,85	-0,43	-0,71	0,23	0,80	-0,01	0,44	0,20	0,05	0,14	0,24	0,38	0,40	-0,31	-0,04	0,83	0,82	1,00	
Simpson/chuvoso	0,84	-0,45	-0,67	0,22	0,77	-0,02	0,40	0,13	0,09	0,10	0,33	0,34	0,36	-0,27	-0,10	0,85	0,85	0,99	1,00

DMP: Diâmetro médio ponderado; COT: Carbono orgânico total; CBM: Carbono da biomassa microbiana; GFE: Glomalina facilmente extraível; Fósforo; K⁺: Potássio; Na⁺: Sódio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Al³⁺: Alumínio; V: Saturação por bases.

Entre os atributos dos solos analisados, 16 apresentaram maior correlação na matriz de correlação de Pearson e maior influência na variação total nas análises fatorial e dos componentes principais sendo eles: Areia; silte; argila; carbono orgânico total (COT); Shannon período seco; Simpson período seco; Shannon período chuvoso e Simpson período chuvoso; diâmetro médio ponderado (DMP); carbono da biomassa microbiana (CBM); glomalina facilmente extraível (GFE); potencial hidrogeniônico (pH); Fósforo (P); Potássio (K^+); Cálcio (Ca^{2+}); Alumínio (Al^{3+}) e saturação por bases (V).

Correlações significativas e positivas foram observadas entre a areia e as variáveis de COT, índice de diversidade de Shannon no período seco e chuvoso, como também o índice de dominância de Simpson em ambos os períodos, além disso, a fração areia apresentou correlação negativa com silte e argila. Estudo apresenta resultados semelhantes, onde o COT com a fração inorgânica areia, e negativamente com a argila em camada superficial (MIN *et al.*, 2022).

O COT foi correlacionado de forma positiva com a GFE, podendo ser explicado pelo histórico de usos da terra nas áreas estudadas, onde a adubação utilizando adubos de origem vegetal e animal, além disso, a serrapilheira presente, são fatores que contribuem para a correlação positivas dessas variáveis. A relevância da glomalina nos solos se dá, principalmente, por sua associação ao carbono, contribuindo para o incremento de seu reservatório no solo (DRIVER *et al.*, 2005).

Shannon seco/chuvoso e Simpson seco/chuvoso. A argila correlacionou negativamente com COT, pH, os índices no período seco/chuvoso e positivamente com alumínio e V. A análise dos teores de glomalina no solo correlaciona-se com a formação de agregados e arranjo estrutural do solo.

O CBM apresentou correlação positiva com a GFE e fósforo, evidenciando a qualidade biológica e química presente, além disso indica a contribuição dos microrganismos relacionados a decomposição da matéria orgânica, em estudo é observado resultados semelhantes entre a correlação da biomassa microbiana e a glomalina do solo (SILVA, 2009).

A GFE apresentou correlação positiva com pH e fósforo, o pH negativa com sódio e alumínio e positiva com a saturação por bases. O potássio correlacionou-se positivamente com cálcio e negativo com alumínio. O cálcio negativamente com alumínio e positivamente com saturação por bases. Alumínio negativamente com a soma de bases.

Foram extraídos os fatores das 19 variáveis estudadas, com cargas fatoriais iguais ou superiores a 0,70 (Tabela 4), seguindo o critério de autovalores superiores a 1, com obtenção de 89,29% da variância total dos dados.

Tabela 4. Eixos fatoriais extraídos para atributos de biológicos, físicos, químicos e estruturais do solo.

Variáveis	F1	F2	F3	F4
Areia	0,87	0,27	0,10	0,33
Silte	-0,58	0,50	-0,17	-0,46
Arg.	-0,61	-0,74	0,02	-0,02
DMP	0,33	-0,20	0,87	0,00
COT	0,85	0,32	0,37	0,01
CBM	-0,09	0,23	0,79	0,06
GFE	0,49	0,40	0,75	-0,04
pH	0,11	0,94	0,23	-0,19
P	0,21	-0,09	0,84	0,26
K ⁺	0,12	0,65	-0,69	0,18
Na ⁺	0,36	-0,70	-0,19	0,31
Ca ²⁺	0,30	0,70	-0,63	0,11
Mg ²⁺	0,28	0,10	-0,11	-0,88
Al ³⁺	-0,29	-0,76	0,30	0,30
V (%)	-0,10	0,94	0,01	0,18
Shannon/seco	0,91	-0,08	0,14	-0,18
Simpson/Seco	0,90	-0,10	0,15	-0,16
Shannon/chuvoso	0,96	0,09	-0,05	-0,12
Simpson/chuvoso	0,96	0,02	-0,06	-0,09
Autovalores	7,14	5,16	3,19	1,47
Variância Total (%)	37,60	27,18	16,79	7,72
Variância Total Acumulada (%)	37,60	64,78	81,57	89,29

Arg: Argila; DMP: Diâmetro médio ponderado; COT: Carbono orgânico total; CBM: Carbono da biomassa microbiana; GFE: Glomalina facilmente extraível; pH: Potencial hidrogeniônico; P: Fósforo; K⁺: Potássio; Na⁺: Sódio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Al³⁺: Alumínio; V: Saturação de bases.

Em relação ao F1 apresentou 37,60% e permitiu estimar a influência das variáveis expressivas no estudo, com cargas fatoriais positivas para a fração areia, COT, e os índices de Shannon e Simpson no período seco e chuvoso. As variáveis em evidência (F1) expressam as inter-relações que aconteceram entre as frações inorgânicas, especialmente a areia, com os atributos biológicos como COT e os índices de Shannon e Simpson respectivamente nos períodos seco e chuvoso (LOPES *et al.*, 2019). Sendo as frações inorgânicas resultantes da litologia considerado uma característica de difícil modificação em função do intemperismo e a mesma apresenta inter-relação com os atributos físicos, químicos e biológicos (KLEIN; KLEIN, 2015).

No tocante ao F2 este foi discriminante para as variáveis argila, Na^+ , Al^{3+} , de forma negativa bem como discriminou de forma positiva as variáveis pH, Ca^{2+} , V com carga fatorial de 27,18%. O F2 engloba variáveis de natureza física bem como propriedades químicas do solo, as quais estão relacionadas ao pH a disponibilidade de nutrientes nos solos em estudo, onde a argila possui estreita relação com essas propriedades, o que expressa a importância do material de origem sobre esse fator.

Para o F3, as variáveis que se destacaram foram: DMP, CBM, GFE, e o P apresentando cargas fatoriais positivas com variância 16,79%. Embora tenha menor carga fatorial, esse fator mostra a grande importância da associação dos micro-organismos na bioquímica do solo bem como na agregação, pois a correlação positiva da biomassa microbiana com os demais fatores, implica numa maior diversidade de M.O bem como da relação das micorrizas arbusculares (evidenciado pela GFE) na agregação do solo, correlacionado positivamente ao DMP dos agregados (PENG *et al.*, 2013). Wang *et al* (2023), destaca que é indispensável processamento, regulação e ciclagem de nutrientes dos solos nos agroecossistemas e ecossistemas terrestres, além de ser indicador de mudanças na dinâmica do carbono sob usos da terra (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Uma maior diversidade de micro-organismos também pode estar relacionada ao fósforo (P), que se correlacionou de forma positiva com o CBM bem como a GFE (variável relacionada a atividade de micorrizas arbusculares), onde estes fungos bem como outros grupos de micro-organismos, como as bactérias solubilizadoras de fosfato, podem contribuir para uma maior liberação destes dos componentes do solo e elevar a disponibilidade desse elemento para as plantas (SHARMA *et al.*, 2013; ETESAMI, 2020).

O F4 destacou Mg^+ com fator negativo com carga de 7,72%. O somatório das variâncias acumuladas dos fatores 1 e 2 resultou em 64,78% das causas de variação, ou seja, os fatores de maior contribuição para a distinção dos ambientes em estudo.

As interações expressas pelos componentes principais, caracterizadas pelo círculo de correlação e nuvens de variáveis com formação de dois eixos explicam 64,78% dos resultados alcançados (Figuras 5 a, b).

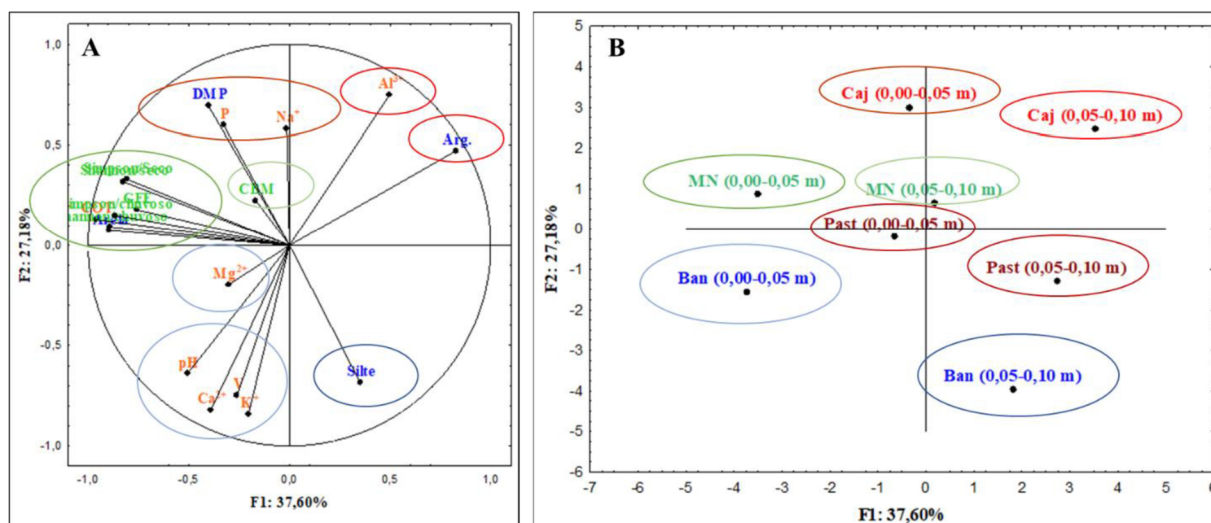


Figura 5. Distribuição das variáveis, no círculo de correlações (a) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre os fatores 1 e 2 (b) das áreas estudadas.

As variáveis como: os índices diversidade de Shannon e dominância de Simpson respectivamente no período chuvoso e seco, GFE, COT e areia discriminaram a mata nativa na camada de 0,00-0,05m, o CBM discriminou também a mata nativa, no entanto em profundidade de 0,05-0,10 m.

Indicando qualidade biológica, física, química e estrutural, um dos fatores que contribuíram para essa qualidade na mata nativa foi a serrapilheira presente atuando na manutenção da biota edáfica diversificada, como também, na umidade do solo e ciclagem de nutrientes, sendo um fator importante neste aspecto a cobertura vegetal funcionando como suporte energético para a atividade microbiana, que atrelado as suas atividades biológicas auxiliam de forma eficiente as inter-relações dos outros atributos do solo. (OLIVEIRA *et al.*, 2021; KOOCH *et al.*, 2022).

Na área da banana as variáveis que discriminadas foram: Mg²⁺, pH, Ca²⁺, V, K⁺ na camada de 0,00-0,05 m e silte em profundidade de 0,05-0,10 m, em função dessas variáveis é observado melhora na qualidade do solo, levando em consideração o histórico de uso da terra na área, o que pode ser atribuído ao manejo do solo e cuidados adotados nessa área, com aplicação de adubos orgânicos proveniente da comunidade rural. Salienta-se ainda que a deposição dos restos culturais da bananeira na própria área de cultivo, ou seja, folhas pseudocaules e engaço, isso associados ao microclima formado abaixo das folhas do bananal favorecem a decomposição dessa biomassa e a ciclagem dos nutrientes contidos nos tecidos vegetais da cultura, os quais retornam ao solo mais rapidamente, aumentando a disponibilidade de nutrientes como N, S, P, K, Mg e Ca bem como os valores de V (BORGES; KIEHL, 1997).

Uma vez que normalmente só sai o cacho da área de produção, a velocidade de esgotamento do solo é menor, o que pode contribuir para a manutenção da fertilidade nesse tipo de cultivo.

As variáveis DMP, P, e Na^+ discriminaram a área de cajueiro (0,00-0,05m), além disso, o Al^{3+} e Argila (0,05-0,10m). Com base na sobreposição das figuras da ACP, observa-se que a área de produção de cajueiro na profundidade de 0-05 a 0-10 m correlacionou-se negativamente com Mg^+ , pH, Ca^{2+} , V e K, ao passo que se correlacionou positivamente com o Al^{3+} , indicando que há uma redução das bases do solo e tendência de acidificação nessa camada. Isso pode ser atribuído ao longo histórico de produção desta cultura (15 a 20 anos) na área de estudo, esse fato em associação com o déficit de manejo nutricional da cultura, pois foi informado que não se aplicava adubo na área em questão pode ter contribuído para empobrecer quimicamente o solo nessa profundidade em relação a esses nutrientes, que são também importantes para a manutenção do pH do solo.

Na área de pastagem as variáveis que discriminaram o ambiente foram: silte, CBM e Mg^{2+} , onde a relação com o CBM indica qualidade biológica na camada de 0,00 a 0,05 m. Nota-se, contudo, que a área de pastagem não se correlacionou de forma proeminente com a maioria dos atributos nutricionais, físicos, químicos, biológicos e estruturais do solo, o que indica a ocorrência de um processo de comprometimento de todos esses atributos dentro do contexto produtivo da pastagem estudada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade dos organismos foi influenciada pela sazonalidade e usos da terra, onde as áreas de banana e mata nativa se destacaram no período seco, tendo em vista isso, a primeira hipótese não foi comprovada, pois nesses usos da terra não foram superiores no período chuvoso. Enquanto a pastagem e o cajueiro no período chuvoso. As ordens mais abundantes foram Hymenoptera, Coleoptera, Orthoptera e Araneae, enquanto, Blatodeae, Hemiptera, Scorpionidae e Scutigeromorpha foram menos expressivos.

Os índices diversidade de Shannon e dominância de Simpson, respectivamente no período chuvoso e seco, GFE, COT, CBM e areia discriminaram a mata nativa, indicando qualidade biológica e química. Na área da banana as variáveis que discriminaram o ambiente foram: silte, Mg^{2+} , pH, Ca^{2+} , V e K^+ . Enquanto a área de cajueiro as variáveis estruturais e químicas DMP, P, Na^+ e Al^{3+} . E na pastagem as variáveis que discriminaram o ambiente foram: silte, CBM e Mg^{2+} .

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. A. X.; SOUTO, J. S.; DE ANDRADE, A. P. Sazonalidade da macrofauna edáfica do Curimataú da Paraíba, Brasil Seasonality of Edaphic macrofauna in Paraíba Curimataú, Brazil. **Ambiencia**, v. 11, n. 2, p. 393-407, 2015.
- ALVARES C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.: DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Disponível em: http://143.107.18.37/material/mftandra2/ACA0225/Alvares_etal_Koppen_climate_classBrazil_MeteoZei_2014.pdf. Acesso em: 25 fev. 2023.
- ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. A microbiota do solo na agricultura orgânica e no manejo das culturas. **Microbiota do solo e qualidade ambiental. Campinas: Instituto Agrônômico**, p. 21-37, 2007.
- BARRETA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; Oliveira Filho, L. D.; Alves, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: Tópicos em ciência do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Cap. 4, p. 141-192, 2011.
- BARRETO, A. C. et al. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira De Ciência Do Solo**, 2008.
- BARTO, E. K. et al. Contributions of biotic and abiotic factors to soil aggregation across a land use gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 12, p. 2316-2324, 2010.
- BEGON, M. et al. **Ecology: individuals, populations and communities**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, p. 524, 1996.
- BONFIM, J. A. et al. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e aspectos fisiológicos em cafeeiros cultivados em sistema agroflorestal e a pleno sol. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 1, p. 201-206, 2010.
- BORGES, A. L.; KIEHL, J. C. Cultivo de frutíferas perenes e de mandioca sobre as propriedades químicas de um Latossolo Amarelo Áplico de Cruz das Almas (BA). **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 21, n. 2, p. 341-345, 1997.
- BREGONCI, I. S.; PELISSARI, S. A. Arborização, quebra-ventos e culturas intercalares. In: COSTA, E. B. (Coord.). **Manual técnico para a cultura do café no Estado do Espírito Santo**. Vitória: SEAG-ES, 1995. p. 63-67.
- BROWN, G. G. et al. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: Parron, L.M.; Garcia, J.R; Oliveira, E.B.; Brown, G.G.; Prado, R.B. (Eds.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma mata atlântica**. Colombo: Embrapa Florestas, Cap. 10, p.122-154. 2015.
- CASARIL, C. E. et al. Fauna edáfica em sistemas de produção de banana no Sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2019.
- COSTA, L. M.; DRESCHER, M. S. Implications of agricultural management on the epigeic fauna and soil physical properties of a clayey Oxisol. **Revista Ceres**, v. 65, p. 443- 449, 2018.

DA PAZ-LIMA, M. L. et al. Quantificação da microbiota e diversidade ecológica da meso e macrofauna do solo sob diferentes usos no município de Urutaí (região Sudeste Goiano). **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 4, p. 12-18, 2016.

DA SILVA, D. K. A. **Atividade micorrízica e microbiana do solo em áreas de regeneração de Mata Atlântica, Igarassu, Pernambuco**. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

DE LIMA, S. S. et al. Diversidade da fauna epígea em diferentes sistemas de manejo no semiárido. **Agrarian**, v. 12, n. 45, p. 328-337, 2019.

DE OLIVEIRA, J. G. R. et al. Alterações na física do solo com a aplicação de dejetos animais. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 2, n. 2, p. 66-80, 2016.

DE SÁ SOUZA, M. et al. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **Pubvet**, v. 12, p. 172, 2018.

DE SOUZA, M. S. et al. Serviços ecológicos de insetos e outros artrópodes em sistemas agroflorestais. **EDUCamazônia**, v. 20, n. 1, p. 22-35, 2018.

DOS SANTOS, U. J. et al. O uso da terra altera os estoques de carbono do solo, biomassa microbiana e éster metílico de ácidos graxos (FAME) no semiárido brasileiro. **Arquivos de Agronomia e Ciências do Solo**, v. 65, n. 6, p. 755-769, 2019

DRIVER, J. D.; HOLBEN, W. E.; RILLIG, M. C. Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 1, p. 101-106, 2005.

EMPRESA AGROPECUÁRIA do Estado do Rio Grande do Norte (EMPARN), 2023. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br>. Acesso em: 18 mar. 2023.

ETESAMI, H. Enhanced phosphorus fertilizer use efficiency with microorganisms. **Nutrient dynamics for sustainable crop production**, p. 215-245, 2020.

FANIN, N. et al. An experimental test of the hypothesis of non-homeostatic consumer stoichiometry in a plant litter–microbe system. **Ecology letters**, v. 16, n. 6, p. 764-772, 2013.

FORSTALL-SOSA, K. S. et al. Soil macroarthropod community and soil biological quality index in a green manure farming system of the Brazilian semi-arid. **Biologia**, v. 76, n. 3, p. 907-917, 2021.

FREITAS, L. et al. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, v. 26, n. 1-2, 2017.

GARCÍA-ORENES, F. et al. Mudanças na estrutura da comunidade microbiana do solo influenciadas por práticas de manejo agrícola em um agroecossistema mediterrâneo. **PloS um**, 2013.

GUO, L. et al. Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a wheat–maize rotation system in Eastern China. **Soil And Tillage Research**, v. 156, p. 140-147, 2016.

HAIR, J. F. et al. Análise multivariada de dados. Bookman Editora, 2009, p. 688.

- JACOMINE, P. K. T. et al. Levantamento exploratório reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte. Recife: MA-DNEPEA: SUDENE-DRN, 1971
- JIANG, Y. et al. Soil macrofauna assemblage composition and functional groups in no-tillage with corn stover mulch agroecosystems in a mollisol area of northeastern China. **Applied Soil Ecology**, v. 128, p. 61-70, 2018.
- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. **Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods**, v. 5, p. 425-442, 1986.
- KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 21-29, 2015.
- KOIDE, R. T.; PEOPLES, M. S. Behavior of Bradford-reactive substances is consistent with predictions for glomalin. **Applied Soil Ecology**, v. 63, p. 8-14, 2013.
- KOOCH, Y.; AMANI, M.; ABEDI, M. Vegetation degradation threatens soil health in a mountainous semi-arid region. **Science of the Total Environment**, v. 830, p. 154827, 2022.
- KOPITTKKE, P. M. et al. Soil and the intensification of agriculture for global food security. **Environment international**, v. 132, p. 105078, 2019.
- LAVELLE, P. et al. Ecosystem engineers in a self-organized soil: A review of concepts and future research questions. **Soil Science**, v. 181, p. 91-109, 2016.
- LI, N. et al. Straw amendment and soil tillage alter soil organic carbon chemical composition and are associated with microbial community structure. **European Journal Of Soil Biology**, 2022.
- LIMA, J. R. S. et al. Impacts of land-use changes on soil respiration in the semi-arid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, 2020.
- LOPES, I.; MONTENEGRO, A. A. A. Space Dependence Of Soil Moisture And Soil Electrical Conductivity In Aluvial Region1. **Irriga**, v. 24, n. 1, p. 1-15, 2019.
- LOPES, T. C. S. et al. Characterization of Physical-Chemical and Structural Soil Attributes in the Semiarid Region of the Rio Grande do Norte State, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 359, 2019.
- MACHADO, I. C. S.; BARROS, L. M.; SAMPAIO, E. V. S. B. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. **Biotropica**, v. 29, n. 1, p. 57-68, 1997.
- MARINHO, A. C. C. S et al. Organic matter and physicochemical attributes of a cambisol under different agricultural uses in a semi-arid region of Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, p. 32-41, 2016.
- MARTÍNEZ-MENA, M. et al. Eficácia a longo prazo das práticas sustentáveis de manejo da terra para controlar o escoamento, a erosão do solo e a perda de nutrientes e o papel da intensidade da chuva nos agroecossistemas de sequeiro do Mediterrâneo. **Catena**, 2020.
- MELLONI, R. et al. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, p. 66-75, 2013.

MENDES, K. R. et al. **Macroartrópodes e suas inter-relações com atributos do solo em agroecossistemas no semiárido potiguar brasileiro**. 2020.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. Matéria orgânica do solo: Métodos de análise. Viçosa: UFV, p. 107, 2005.

MIN, X. et al. Changes in total organic carbon and organic carbon fractions of reclaimed mine soils in response to the filling of different substrates. **Journal of Environmental Management**, v. 312, p. 114928, 2022.

MOOSHAMMER, M. et al. Stoichiometric controls of nitrogen and phosphorus cycling in decomposing beech leaf litter. **Ecology**, v. 93, n. 4, p. 770-782, 2012.

MOOSHAMMER, M. et al. Stoichiometric imbalances between terrestrial decomposer communities and their resources: mechanisms and implications of microbial adaptations to their resources. **Frontiers in microbiology**, p. 22, 2014.

NETO, T. A. C. et al. Relação fauna do solo-paisagem em plantio de eucalipto em topossequência. **Floresta**, v. 48, n. 2, p. 213-224, 2018.

NUTTING, W. L. Flight and colony foundation. **Biology of termites**, p. 233-282, 1969.

OLIVEIRA SILVA, M. et al. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021.

OLIVEIRA, M. F. et al. Changes in microbial biomass and activity of tropical soil submitted to successive Eucalyptus rotations in the semi-arid region of Brazil. **Geoderma Regional**, v. 29, 2022.

PACHECO, F. A. L. et al. Degradação do solo: Múltiplas consequências ambientais e caminhos para a neutralidade. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 5, p. 79-86, 2018.

PENG, S.; GUO, T.; LIU, G. The effects of arbuscular mycorrhizal hyphal networks on soil aggregations of purple soil in southwest China. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 57, p. 411-417, 2013.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M. da. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 34, p. 575-585, 2010.

PROPRIEDADES do solo. Embrapa, 2023. Disponível em: <https://https://www.embrapa.br/solos/sibcs/propriedades-do-solo>. Acesso em: 04 de maio 2023.

REN, C. et al. Linkages of C: N: P stoichiometry and bacterial community in soil following afforestation of former farmland. **Forest Ecology and Management**, v. 376, p. 59-66, 2016.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, p. 160, 1954.

ROSA, M. G. et al. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1544-1553, 2015.

- ROSSI, JEAN-PIERRE et al. Soil macrofaunal biodiversity in Amazonian pastures: matching sampling with patterns. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 8, p. 2178-2187, 2006.
- SANTOS, J. C. B. dos et al. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 36, p. 683-696, 2012.
- SHARMA, S. B. et al. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **SpringerPlus**, v. 2, p. 1-14, 2013.
- SILVA, A. C. et al. Soil Water Retention in the Semiarid Region of Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 105, 2018.
- SILVA, E. N. S. et al. Variabilidade de atributos físicos e químicos do solo e produção de feijoeiro cultivado em sistema de cultivo mínimo com irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 598-607, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140429>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbc/a/cRn8rNKHV6vjmXNS8SB8fGs/abstract/?lang=pt> Acesso em: 15 maio 2023.
- SILVA, E. O. et al. Seasonal effect of land use type on soil absolute and specific enzyme activities in a Brazilian semi-arid region. **Catena**, v. 172, p. 397-407, 2019.
- SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, v.163, p.688, 1949.
- SIQUEIRA, C.H.; WILLS, S.A.; SEYBOLD, C.A.; WEST, L.T. Predicting soil bulk density for Solos, Embrapa. "Sistema brasileiro de classificação de solos." Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro (2013).
- SOUZA, M. S. et al. Serviços ecológicos de insetos e outros artrópodes em sistemas agroflorestais. **Revista EDUCamazônia**, v. 20, p. 22-35, 2018.
- STATSOFT. STATISTICA VERSION 7.0. StatSoft. Retrieved from <http://www.statsoft.com>, 2004.
- TEDESCO, M. J. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, 1995.
- TEIXEIRA, P.C. et al. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.
- VASCONCELLOS, A. et al. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, p. 471-476, 2010.
- WANG, Z. et al. Global patterns and predictors of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in terrestrial ecosystems. **Catena**, v. 211, p. 106037, 2022.
- WRIGHT, S. F. et al. Time-course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. **Plant and soil**, v. 181, p. 193-203, 1996.
- WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil science**, v. 161, n. 9, p. 575-586, 1996.

WU, QIANG-SHENG et al. Direct and indirect effects of glomalin, mycorrhizal hyphae and roots on aggregate stability in rhizosphere of trifoliolate orange. **Scientific reports**, v. 4, n. 1, p. 5823, 2014.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

ZANGARO, W. et al. Root mycorrhizal colonization and plant responsiveness are related to root plasticity, soil fertility and successional status of native woody species in southern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 23, p. 53-62, 2007.

ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S. et al. The application of ecological stoichiometry to plant–microbial–soil organic matter transformations. **Ecological Monographs**, v. 85, n. 2, p. 133-155, 2015.