



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA
AMAZÔNIA

ELAINE DA SILVA SANTOS

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS E ENTOMOFAUNA DO
SOLO EM ÁREA NO INTERIOR DA REGIÃO OESTE DO PARÁ

SANTARÉM-PA

2022

ELAINE DA SILVA SANTOS

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS E ENTOMOFAUNA DO
SOLO EM ÁREA NO INTERIOR DA REGIÃO OESTE DO PARÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais através do Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de concentração: Estudos e Manejo de Ecossistemas Amazônicos

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patricia Chaves de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. José Augusto Amorim Silva do Sacramento

SANTARÉM-PA

2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

- S237v Santos, Elaine da Silva
Variabilidade espacial de atributos físicos e entomofauna do solo em área no interior da região Oeste do Pará. / Elaine da Silva Santos. – Santarém, 2022.
98 p. : il.
Inclui bibliografias.
- Orientadora: Patrícia Chaves de Oliveira.
Coorientador: José Augusto Amorim Silva do Sacramento.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia.
- I. Qualidade do solo. 2. Geoestatística. 3. Krigagem. I. Oliveira, Patrícia Chaves de, *orient.* II. Sacramento, José Augusto Amorim Silva do, *coorient.* III Título.

CDD: 23 ed. 631.4098115

ELAINE DA SILVA SANTOS

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS E ENTOMOFAUNA DO
SOLO EM ÁREA NO INTERIOR DA REGIÃO OESTE DO PARÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais através do Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de concentração: Estudos e Manejo de Ecossistemas Amazônicos

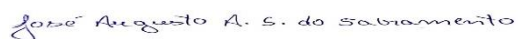
Conceito: 9,0

Data da aprovação: 17/05/2022



Prof^a. Dr^a. Patricia Chaves de Oliveira

Orientadora – Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)



Prof. Dr. José Augusto Amorim Silva do Sacramento

Coorientador – Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB)

 Documento assinado digitalmente
Emerson Cristi de Barros
Data: 19/05/2022 09:58:25 0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Emerson Cristi de Barros

Universidade Federal de Viçosa (UFV)



Prof. Dr. Ricardo Scoles Cano

Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

 Eloi Gasparin
Professor – UFOPA
SIAPE: 1075784

Prof. Dr. Eloi Gasparin

Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

DEDICATÓRIA

Aos meus familiares, principalmente à minha
querida mãezinha, por me ensinar a valorizar a
simplicidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter dado ânimo e força para concluir este projeto.

À minha família e amigos pelo apoio e por entender as ausências em alguns momentos.

À Universidade Federal do Oeste do Pará por permitir a realização dos estudos na Fazenda Experimental.

Ao Laboratório de Microscopia por possibilitar a utilização dos equipamentos para a identificação dos insetos.

Ao Laboratório de Sementes Florestais por possibilitar a utilização de equipamentos na realização de análises.

Ao Laboratório de Solos por permitir a utilização do local de estudo e apoio de equipamentos nas análises.

Ao Programa Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão – PEEEx e à Universidade Federal do Oeste do Pará pelo apoio financeiro na execução dos trabalhos.

A todos que direta ou indiretamente me auxiliaram na execução deste projeto, seja na elaboração de alguma atividade ou através de palavras de incentivo. Muito obrigada.

EPÍGRAFE

Bendize, ó minha alma, ao Senhor, e não te esqueças de nenhum dos seus benefícios. (Adaptado de Salmos 103:2)

RESUMO

A utilização de análise geoestatística, ajuda a auxiliar na identificação de padrões espaciais de solo, permitindo que se considere a fauna edáfica presente, influenciando na indicação de melhores alternativas de manejo. Sendo assim, este estudo objetivou a avaliação da variabilidade espacial dos atributos físicos do solo com a entomofauna local, considerando uma área de Pousio e de Mata Nativa localizadas em Santarém, Oeste do Pará. Foram montadas malhas amostrais coletando-se amostras de solo nas profundidades 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, totalizando 49 amostras por profundidade e um total de 98 amostras por área, para avaliar os atributos: densidade do solo e da partícula do solo, macro e microporosidade, porosidade total, umidade gravimétrica e volumétrica e resistência à penetração do solo, e, a coleta da entomofauna foi realizada em cada ponto amostral, com armadilhas do tipo pitfall. Foi realizada a Análise de Estatística Descritiva, Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise Geoestatística, com ajuste dos modelos de semivariogramas para as características de atributos físicos do solo utilizando a interpolação por Krigagem Ordinária e, para análise da entomofauna foram testados os modelos de covariogramas para as famílias, a fim de encontrar o modelo com os parâmetros mais adequados, com interpolação por Krigagem de Poisson. Coletou-se um total de 3.098 insetos, sendo que, 1.710 foram coletados na área de Mata Nativa e 1.388 na área de Pousio, de 45 famílias, pertencentes a doze ordens. A área de Mata Nativa apresentou índice de Shannon-Wiener (H') de 2,68 e a área de Pousio 2,31. O índice de Equitabilidade de Pielou da área de Mata Nativa foi de 0,72 e da área de Pousio de 0,61. Na Análise de PCA, foram encontradas 5 famílias associadas com a macroporosidade, porosidade total e umidade do solo na área de Mata Nativa. Na área de pousio 6 famílias apresentaram maior proximidade com as características de solo umidade volumétrica e umidade gravimétrica, e, também, da macroporosidade e porosidade total. Sendo que esta interação pode considerar estes organismos como indicadores de qualidade do solo, por sofrer influência de práticas antrópicas, o que gera redução de indivíduos em algumas áreas, destacando a influência das características físicas do solo. Para os atributos físicos do solo obteve-se os modelos de semivariogramas matern, esférico, gaussiano e cúbico maiores ajustes estudados na área de Mata Nativa, enquanto na área de Pousio os modelos gaussiano, esférico, exponencial, cúbico e matern foram os mais ajustados. Na fauna edáfica, ajustaram-se os modelos circular, exponencial, cúbico, esférico e gaussiano. Na análise do índice de dependência espacial (IDE) na área de Mata Nativa 10 famílias obtiveram forte dependência, enquanto na área de Pousio foram 7 famílias. Foi possível

observar as famílias que estiveram mais associadas às características de umidade e porosidade do solo nos mapas de interpolação por krigagem.

Palavras – chave: Qualidade do solo. Geoestatística. Krigagem. Insecta.

ABSTRACT

The use of geostatistical analysis, helps to assist in the identification of spatial patterns of soil, allowing the consideration of the edaphic fauna present, influencing the indication of better management alternatives. Thus, this study aimed to evaluate the spatial variability of soil physical attributes with the local entomofauna, considering an area of fallow and native forest located in Santarém, western Pará. Sampling grids were assembled by collecting soil samples at depths 0 - 20 cm and 20 - 40 cm, totaling 49 samples per depth and a total of 98 samples per area, to assess the attributes: soil and soil particle density, macro and micro porosity, total porosity, gravimetric and volumetric moisture and resistance to soil penetration, and the collection of entomofauna was performed at each sampling point, with pitfall traps. Descriptive statistics, Principal Components Analysis (PCA) and Geostatistical Analysis were performed, with adjustment of semivariogram models for the characteristics of physical soil attributes using interpolation by Ordinary Kriging and, for the analysis of entomofauna, the covariogram models for the families were tested in order to find the model with the most appropriate parameters, with interpolation by Poisson Kriging. A total of 3,098 insects were collected, of which 1,710 were collected in the Native Forest and 1,388 in the fallow area, from 45 families, belonging to twelve orders. The Native Forest area presented a Shannon-Wiener index (H') of 2.68 and the fallow area of 2.31. The P The Pielou's Equitability index was 0.72 for the Native Forest and 0.61 for the fallow area. In the PCA analysis, 5 families were found to be associated with macroporosity, total porosity and soil moisture in the Native Forest area. In the fallow area 6 families showed greater proximity to the soil characteristics volumetric and gravimetric moisture, and also macroporosity and total porosity. This interaction can consider these organisms as indicators of soil quality, as they are influenced by anthropic practices, which generates a reduction of individuals in some areas, highlighting the influence of physical characteristics of the soil. For the physical attributes of the soil, the models of semivariograms matern, spherical, Gaussian and cubic were the best fits studied in the area of Native Forest, while in the fallow area the Gaussian, spherical, exponential, cubic and matern models were the best fits. In the edaphic fauna, the circular, exponential, cubic, spherical and Gaussian models were adjusted. In the analysis of the spatial dependence index (SDI) in the Native Forest area 10 families showed strong dependence, while in the fallow area there were 7 families. It was possible to observe the families that were most associated with the characteristics of moisture and porosity of the soil on the maps of interpolation by kriging.

Keywords: Soil quality. Geostatistics. Kriging. Insecta.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	Modelo de semivariograma experimental.....	28
Figura 2-	Localização das áreas de estudo demonstrando a área de Mata Nativa (A) e área de Pousio (B).....	32
Figura 3 -	Mapa de localização da área de estudo na Fazenda Experimental – UFOPA, na Rodovia Santarém – Curuá – Una, indicando o local dos pontos onde foram coletadas as amostras	33
Figura 4 -	Análise dos componentes principais comparando-se com a densidade entomológica, obtendo-se o gráfico biplot da área de Mata Nativa (A) e área de Pousio (B).....	48
Figura 5-	Mapas de interpolação por krigagem da área de Mata Nativa (Ds= densidade do solo, MAC= macroporosidade, MIC= microporosidade e PT= porosidade total)	60
Figura 6 -	Mapas de interpolação por krigagem da área de Mata Nativa (UG= umidade gravimétrica, UV= umidade volumétrica e RP= resistência à penetração)	61
Figura 7 -	Mapas de interpolação por krigagem das famílias da área de Mata Nativa.....	62
Figura 8 -	Mapas de interpolação por krigagem das famílias da área de Mata Nativa.....	63
Figura 9 -	Mapas de interpolação por krigagem da área de Pousio (Ds= densidade do solo, MAC= macroporosidade, MIC= microporosidade e PT= porosidade total)	64
Figura 10 -	Mapas de interpolação por krigagem da área de Pousio (UG= umidade gravimétrica, UV= umidade volumétrica e RP= resistência à penetração)	65
Figura 11 -	Mapas de interpolação por krigagem dos insetos coletados na área de pousio.....	66
Figura12-	Mapas de interpolação por krigagem dos insetos coletados na área de Pousio.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Resultados da análise dos atributos químicos do solo nas áreas de estudo localizadas na Fazenda Experimental – UFOPA.....	34
Tabela 2 -	Número de indivíduos coletados na área de Mata Nativa e na área de Pousio, com classificação de Dominância e Constância.....	41
Tabela 3 -	Estatística descritiva dos atributos físicos do solo referentes a área de Mata Nativa coletados na profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm.....	42
Tabela 4 -	Estatística descritiva dos atributos físicos do solo referentes a área de Pousio coletados na profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm.....	44
Tabela 5 -	Estatística descritiva dos insetos coletados na área de Mata Nativa e área de Pousio.....	45
Tabela 6 -	Características referentes à área de Mata Nativa coletadas na profundidade de 0-20cm e 20-40cm. (C_0 = efeito pepita; C_0+C_1 =patamar; A=alcance e IDE= índice de dependência espacial).	52
Tabela 7 -	Características referentes à área de Pousio coletadas na profundidade de 0-20cm e 20-40cm. (C_0 = efeito pepita; C_0+C_1 =patamar; A=alcance e IDE= índice de dependência espacial).	53
Tabela 8 -	Características referentes à área de Mata Nativa coletadas na profundidade de 0-20cm e 20-40cm. (RMSE= erro quadrático médio da raiz; MAE= erro médio absoluto)	54
Tabela 9 -	Características referentes à área de Pousio coletadas na profundidade de 0-20cm e 20-40cm. (RMSE= erro quadrático médio da raiz; MAE= erro médio absoluto)	55

Tabela 10 - Características das famílias de insetos coletadas na área de Mata Nativa e de Pousio (C_0 = efeito pepita; C_0+C_1 =patamar; A=alcance e IDE= índice de dependência espacial)	57
Tabela 11 - Características das famílias de insetos coletadas na área de Mata Nativa e de Pousio (RMSE= erro quadrático médio da raiz; MAE= erro médio absoluto)	58

LISTA DE SIGLAS

Al³⁺, Alumínio trocável

Ca²⁺, Cálcio

CTC, Capacidade de troca catiônica

CV, Coeficiente de variação

Dp, Densidade da partícula

DS, Densidade do solo

ESALq, Escola Superior de Agricultura Luís de Queiróz

Fe, Ferro

GPS, Global Positioning System

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

K⁺, Potássio

Ma, Massa da amostra

MACRO, Macroporosidade do solo

MAE, Erro médio absoluto

MANOVA, Análise de variância multivariada

Mg²⁺, Magnésio

MIC, Microporosidade

MN, Mata Nativa

Mn, Manganês

MOS, Matéria orgânica do solo

N, Nitrogênio

NT, Nitrogênio total

P, Fósforo

PCA, Análise de componentes principais

PD, Plantio direto

PDE, Plantio direto escarificado

pH, Potencial hidrogeniônico

POU, Pousio

Pt, Porosidade total

RPS, resistência à penetração do solo

SB, Saturação de bases

TSFA, Terra fina seca ao ar

UFOPA, Universidade Federal do Oeste do Pará

UG, Umidade gravimétrica

USP, Universidade de São Paulo

UV, Umidade volumétrica

V, Volume

VT, Volume total

VU, Volume utilizado

Zn, Zinco

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	16
2.	OBJETIVOS.....	18
2.1	Objetivo geral.....	18
2.2	Objetivo específico.....	18
3.	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3.1	Lavouras na Amazônia e a importância da entomofauna.....	19
3.2	Características dos solos na Amazônia.....	19
3.3	Influência dos atributos físicos e do manejo na entomofauna do solo.....	21
3.4	Características dos solos em sistemas de produção.....	22
3.5	Importância ecológica da entomofauna edáfica.....	23
3.6	Análise geoestatística.....	24
3.6.1	Aplicada à entomologia.....	24
3.6.2	Aplicada à ciência do solo.....	25
3.6.3	Variograma e semivariância.....	27
3.6.4	Krigagem.....	29
3.6.5	Validação cruzada dos modelos.....	29
3.7	Análise multivariada.....	30
3.7.1	Análise dos componentes principais.....	30
3.7.2	Análise multivariada de variância (MANOVA).....	30
3.8	Hipóteses	31
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1	Área de estudo.....	31
4.2	Coleta de dados.....	34
4.3	Análise de dados.....	34
4.3.1	Densidade do solo.....	35
4.3.2	Densidade da partícula do solo.....	35
4.3.3	Macroporosidade.....	36
4.3.4	Microporosidade.....	36
4.3.5	Porosidade total.....	36
4.3.6	Umidade gravimétrica.....	36
4.3.7	Umidade volumétrica.....	37
4.3.8	Resistência à penetração do solo.....	37
4.3.9	Abundância entomológica relativa.....	37
4.3.10	Índice de dependência espacial.....	38
4.3.11	Análise estatística.....	39
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1	Estatística descritiva dos dados.....	40
5.2	Análise dos componentes principais.....	46
5.3	Análise geoestatística.....	50
6.	CONCLUSÃO.....	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
	ANEXO.....	88

1 INTRODUÇÃO

Estudar características relacionadas às propriedades do solo possui função primordial também em relação ao estudo da qualidade ambiental e, segundo Abdi et al. (2018) diferentes tipos de solo possuem comportamentos diferentes, se tornando fundamental a compreensão desse comportamento e propriedades do solo, que também é considerado o recurso natural disponível que o homem mais utiliza, estando ao mesmo tempo, entre os materiais mais complexos.

Para analisar o efeito que as coberturas vegetais exercem na qualidade do solo, além de estudar os atributos químicos e físicos do solo é importante considerar os organismos presentes nesse ambiente (TEIXEIRA; SILVA; MENDONÇA, 2014) sendo importante o conhecimento que o manejo do solo ocasiona sobre a fauna presente, pois o efeito sobre a densidade e diversidade desses indivíduos pode indicar comprometimento da fertilidade e estrutura do solo (RODRIGUES et al., 2016).

A fauna edáfica pode ser usada na avaliação do processo de sustentabilidade de um ecossistema agrícola de produção, recuperação de área degradada ou até mesmo um sistema natural que passou por processo de alterações causadas pelo ser humano (MANHAES; FRANCELINO, 2012).

Andognini et al. (2020) analisando o efeito da compactação do solo na produção de aveia preta, concluiu que o aumento do grau de compactação no solo altera as propriedades físicas do solo, apresentando menor condutividade hidráulica, porosidade total, macroporosidade e água disponível, elencando também maior resistência à penetração, microporosidade, capacidade de campo e ponto de murcha permanente.

A retirada da vegetação nativa pelo homem para a formação de novas áreas de cultivo tem gerado desequilíbrio no meio ambiente, e a substituição dessa vegetação nativa afeta as propriedades do solo, maximizando variações, que já ocorrem naturalmente conforme as condições de clima, espécie vegetal e tipo de solo, mas sobre a intensidade e causas dessas variações ainda é pouco sabido, evidenciando a necessidade de estudos sobre os efeitos da cobertura vegetal no solo, buscando maior entendimento da influência que a cobertura exerce no sistema solo- planta (KATO et al., 2010).

Áreas de vegetação nativa, quando transformadas em áreas com intensas atividades antrópicas, provocam grandes alterações nos atributos do solo, já que, ecossistemas naturais possuem integração colaborativa entre a cobertura vegetal e os atributos do solo, resultados do processo

essencial de ciclagem de nutrientes, acúmulo e decomposição de matéria orgânica e agregação do solo, fatores também influenciados pela presença da fauna edáfica (FREITAS et al., 2017). Dentre os vários estudos utilizados para entender a relação existente entre essas características pode-se utilizar a geoestatística, que busca descrever a dependência espacial através do semivariograma, consistindo em um gráfico associando distâncias com semivariâncias, sendo que seus modelos tradicionais que apresentam patamar possuem quatro parâmetros: contribuição, efeito pepita, patamar e alcance (SEIDEL; OLIVEIRA, 2014).

O uso da geoestatística associado à utilização do GPS (Global Positioning System) em áreas agrícolas auxiliam na execução do mapeamento de atributos quantitativos e qualitativos das características químicas e físicas do solo, segundo Bottega et al. (2011), se tornando indispensável a caracterização da variabilidade espacial tanto dos atributos químicos, quanto dos atributos físicos do solo, através de amostragens que possibilitem a representação das variações existentes, porém essa caracterização pode exigir muito tempo e custo elevado (BOTTEGA et al., 2013).

Deve se considerar também a necessidade de realização de uma amostragem representativa da área, para que se obtenha dados que contenham valores que correspondam com a realidade da parcela estudada, pois, a geoestatística é uma ferramenta que serve de apoio, não somente no estudo de oferta de nutrientes às plantas e manejo de solo, como também no estudo de outras atividades (CAVALCANTE et al., 2011).

Sendo assim, este estudo objetivou avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo com a entomofauna edáfica, considerando uma área de Pousio e outra de Mata Nativa, no Município de Santarém, Oeste do Pará, verificando a associação dessas características que podem indicar diferenciação nas áreas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos e atributos biológicos do solo, comparando uma área de Mata Nativa com uma área de Pousio, analisando como se dará a influência dessas características nas áreas estudadas.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar os atributos: Densidade do solo e da partícula do solo, macro e microporosidade, porosidade total, umidade gravimétrica e volumétrica;
- Identificar os insetos a nível de família;
- Observar as interações entre as características do solo e da entomofauna do local de estudo.
- Construir mapas de interpolação por krigagem dos dados obtidos distribuídos por toda a área estudada.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Lavouras na Amazônia e a importância da entomofauna

A integração entre o componente arbóreo e a entomofauna local contribui com a geração de equilíbrio e controle dentro do sistema produtivo, o que pode funcionar na manutenção da chamada produção continuada (DANTAS et al., 2012), porém, ainda existe pouco conhecimento e entendimento a respeito da biodiversidade ocorrida em ambientes tropicais, principalmente grupos de insetos presentes na Amazônia Brasileira, com poucos estudos sobre insetos polinizadores, predadores, detritívoros, fitófagos e saprófagos (BRAGA; NUNES GUTJAHR; MORAIS, 2017).

Para ajudar a escolher quais as melhores alternativas de manejo a serem adotadas tanto em locais degradados quanto em locais com pouca degradação do solo se torna importante observar como a entomofauna local se desenvolve e a quantidade de indivíduos presentes, pois a diversidade da fauna local é influenciada pela relação que ocorre entre os insetos, as plantas e as ações humanas, da mesma forma que há influência sobre o desenvolvimento da cultura (GEMELLI; BARRETO, 2020).

Os organismos presentes no solo podem ser atingidos por vários fatores, como o tipo de solo, a vegetação local e até as condições climáticas, muito determinantes no processo de composição e riqueza desses indivíduos nesse ambiente (DINIZ et al., 2021). Porém, estudos referentes à fauna do solo ainda estão iniciando (MACHADO et al., 2015).

Os insetos podem tornar-se mais ou menos danosos, considerando as mudanças ambientais (MATSUMOTO et al., 2015), além de que o uso do solo pode agir alterando a diversidade, abundância e atividade da fauna edáfica (PESSOTTO et al., 2020).

Se tratando de agroecossistemas amazônicos, é considerável que ocorra o estudo da fauna local, principalmente para práticas de manejo sustentável, já que, para implantar um sistema de produção agrícola, deve-se considerar as relações que ocorrem entre a diversidade biológica e as características físicas e químicas do solo (RODRIGUES et al., 2016).

3.2 Características dos solos na Amazônia

Com predominância de Latossolos, a região Amazônica, ainda é caracterizada por apresentar baixa fertilidade e solos sensivelmente mais ácidos, apresentam teor de alumínio trocável

elevado, comparando com a região de cerrado, ocasionando assim maiores custos na adição de calcário nessa região. São solos com maior CTC (troca catiônica) e, são menos intemperizados (DEMATTE; DEMATTE,1993). Moline e Coutinho (2015) afirmam que, conforme a profundidade a concentração de alumínio trocável aumenta, demonstrando a complexação da matéria orgânica com o Al^{3+} ser menor em camadas mais profundas, devido a menor quantidade de matéria orgânica encontrada em camadas mais profundas.

Por ser uma região que apresenta alta diversidade geológica, geomorfológica, edáfica, climática e de vegetação, a evolução das paisagens e em especial dos solos da Amazônia possui a combinação de uma diversidade de fatores geológicos, geomorfológicos, vegetação e clima, a partir do mesozoico, durante o plioceno-pleistoceno até os dias atuais, a região apresenta fitofisionomias variando desde áreas contendo savanas, cerrados, com domínio das floresta nas suas mais variadas fitofisionomias que se encontram intimamente associadas ao clima e ao solo. (VALE JUNIOR et al. 2011).

A sustentabilidade dos sistemas agropecuários se encontra associada à capacidade de manter ou promover aumentos na disponibilidade de nutrientes às plantas por meio do manejo da matéria orgânica do solo, quando em solos considerados com baixa fertilidade natural, que são encontrados na Amazônia, sobretudo em relação aos produtores que possuem acesso restrito a insumos industrializados (SANTIAGO et al., 2013).

Nessa região, para a realização de cultivos, torna-se necessário a definição das exigências nutricionais da cultura que se pretende cultivar, observando a ocorrência de deficiências nutricionais, no período em que ocorre a utilização da terra, segundo Silva, Silva Jr. e Melo (2006) que, ao estudarem quatro áreas de um Latossolo Amarelo sob diferentes tipos de cobertura vegetal e manejo, encontraram diminuição no teor de matéria orgânica e aumento de pH, soma de bases e fósforo disponível em área que ocorreu derruba e queima, e, correlação direta da matéria orgânica com o nitrogênio total e fósforo disponível.

Demattê e Demattê (1993) encontraram baixa correlação entre teores de carbono orgânico e de argila para a região Amazônica, com tendência de aumento no teor de carbono orgânico conforme o aumento do teor de argila, observando grande dispersão nos resultados do carbono orgânico para a região, que, segundo os autores, pode ser devido ao fato desta matéria orgânica não se encontrar ainda estabilizada e, não ter ainda atingido o estágio de equilíbrio, consequência de grande variação climática da região. Os autores afirmam que a região

amazônica possui maior teor de matéria orgânica na primeira camada de solo devido a ocorrência de deposição em larga escala de material orgânico fresco, sem tempo para humificação, esse fenômeno acabou acarretando grande dispersão dos dados na análise de correlação.

Assim a aplicação da geoestatística em mapeamento digital de solos apresenta-se como grande aliada nesse tipo de estudo, com contribuição, principalmente em áreas que não são contempladas com levantamentos detalhados, aproveitando-se o crescente desenvolvimento da informática e de novas técnicas de geoprocessamento (NOVAES FILHO et al., 2007).

3.3 Influência dos atributos físicos e do manejo na entomofauna do solo

Habitantes do planeta terra há mais tempo do que os homens, já que existem fósseis que indicam que eles já se encontravam por aqui há cerca de 350 milhões de anos, porém, tornaram-se mais abundantes há 200 milhões de anos atrás, no chamado período Permianiano, e, há 1 milhão de anos, com o surgimento dos homens sobre a face da terra, eles já haviam evoluído para, praticamente, toda a diversidade conhecida atualmente, indicando assim, que, existe associação entre os homens e esses animais desde as mais remotas eras (ZUCCHI et al., 1992).

Os insetos podem agir benéficamente, ou totalmente o oposto, como causadores de grandes problemas aos seres humanos, servindo como explicação para que se desenvolva estudos a fim de que se compreenda como eles funcionam e interagem com o local em que vivem, para que se saiba como agir fazendo com que os insetos ajudem nas necessidades do ser humano, ou, em caso de causadores de danos, as melhores formas de efetuar o seu controle na área produtiva, claro que, levando em consideração a grande variação morfológica existente nos insetos existentes na região amazônica (ARIAS; PENNY, 1979). Considerando a grande presença de insetos nas áreas agrícolas do país, mesmo ocorrendo troca de experiências sobre o assunto entre os pesquisadores da área, ainda se vê uma necessidade de que ocorram adequações e desenvolvimento de metodologias para se conhecer melhor a ecologia e métodos de controle, haja vista que esses organismos possuem seu ciclo de vida predominantemente no solo (SILVA et al., 1994).

Giácomo et al., (2017), observaram a influência de aplicação de adubo mineral e de composto orgânico sobre a fauna do solo, já Jerez- Valle et al. (2014) estudaram a influência do manejo em olivais sobre a diversidade de artrópodes no solo, encontrando maior abundância no sistema

de cultivo orgânico do que em sistemas de cultivo convencional, o que já é um resultado esperado, haja vista que sistema de cultivo orgânico propiciam condições mais favoráveis para o seu estabelecimento.

3.4 Características dos solos em sistemas de produção

Klein (2006) define a densidade do solo como o quociente de sua massa de sólidos pelo volume total, que pode ser afetada por cultivos que podem alterar a estrutura e, conseqüentemente, o arranjo e o volume dos poros, mas destaca que os efeitos das alterações na estrutura do solo sobre as culturas não são fáceis de serem mensurados pois, mesmo que ocorra aumento da densidade as culturas podem manter rendimentos aceitáveis, que podem ser obtidos através de efeitos de mecanismos sulcadores tanto das semeadoras, quanto pelas condições meteorológicas favoráveis.

As propriedades físicas do solo podem ser alteradas no sistema de rotação de culturas, devido a inclusão de espécies com o sistema radicular agressivo e aportes diferenciados de matéria seca, sendo que, a intensidade dessa alteração vai depender do período de cultivo, número de cultivos por ano e espécie cultivada (STONE; SILVEIRA, 2001).

Silva et al. (2000) observaram que conforme ocorre aumento na densidade do solo ocorre diminuição da macroporosidade e aumento de microporosidade do solo, ao estudarem os efeitos provocados pelo pastejo e pelo manejo do solo sobre a densidade do solo e os atributos químicos e no sistema radicular do milho.

Reinert et al. (2008) encontraram menores densidades no solo nas camadas superficiais de 0 a 0,05m, explicando que isso pode ser consequência da maior densidade das raízes das culturas utilizadas e maior teor de matéria orgânica, enfatizando a presença do efeito dos ciclos de umedecimento e secagem resultado do processo de evaporação por causa da demanda atmosférica e da maior absorção de água pelas raízes das plantas, além da mobilização do solo realizada no momento de semeadura das espécies utilizadas no estudo e, no mesmo estudo, constataram maior resistência do solo à penetração nos sistemas com plantio de cobertura do que no sistema de pousio, que pode ser explicado pela ocorrência do crescimento de raízes nesses poros, favorecendo o aumento da resistência e da rigidez do solo e, no sistema de pousio os poros vazios não criam resistência à penetração.

Klein et al. (2009) estudando a resistência do solo à penetração, constataram melhor ajuste desta característica para o sistema de plantio direto (PD), comparando com o plantio direto escarificado (PDE), e, também, em relação à densidade do solo, no sistema PD foi estatisticamente superior ao PDE. Os autores afirmam que, a geometria porosa de solos com compactação é afetada, permitindo assim o aumento da retenção de água, porém, essa água pode não estar disponível para as plantas.

O sistema de plantio direto possui como finalidade o mínimo revolvimento do solo, possibilitando a cobertura com restos vegetais, que podem estar associados com adubação verde e práticas que visam a conservação do solo buscando restaurar sua fertilidade (SALOMÃO et al., 2020). Ao utilizar a escarificação cria-se um microrrelevo na superfície, utilizando-se o índice de rugosidade superficial como critério para determinação, e pode agir reduzindo a densidade e aumentando a taxa de infiltração de água no solo (CAMARA; KLEIN, 2005).

Obter informações a respeito dos nutrientes que podem limitar ou melhorar o desenvolvimento das plantas, dependendo da quantidade existente, representam um bom nível de importância dentro do estudo de fertilidade do solo, permitindo que se realize um planejamento que seja adequado da fertilidade do solo, sendo a geoestatística e a utilização de amostragens georreferenciadas ferramentas que auxiliam na detecção de variabilidade existente e a distribuição espacial do modelo de estudo, possibilitando que ocorra também a interpretação dos fatores e características que de alguma maneira irão afetar o desenvolvimento da cultura, colaborando no processo de tomada de decisão no manejo do solo (SILVA et al., 2020), pois, segundo Grego et al. (2012) ao aplicar-se a análise geoestatística nas áreas de cultivo, ajuda no processo de identificação de padrões espaciais de solo e planta auxiliando na otimização do sistema de produção.

3.5 Importância ecológica da entomofauna edáfica

A realização de estudos da importância da fauna entomológica considerando diferentes ecossistemas age contribuindo com o conhecimento entomológico da região que será objeto de estudo (AZEVEDO et al., 2017) haja vista que os insetos possuem significado ecológico que se encontra envolvido com os diferentes fatores ambientais, encontrando-se relação com disponibilidade de alimentos e abrigo (FRANÇA et al., 2014).

Considerando que cada espécie de insetos presentes no solo correspondem de diferentes formas a algum distúrbio ocasionado por alterações ambientais, algumas espécies podem agir como indicadores ecológicos de qualidade e degradação ambiental, devido suas inúmeras funções desempenhadas por eles na natureza, possuindo relação com a heterogeneidade dos ecossistemas e processos ecológicos, também obtendo grande sensibilidade às mudanças ambientais (AZEVEDO et al., 2011).

Os organismos representantes da fauna edáfica se tornam adequados para a utilização em estudos sobre avaliação de impacto ambiental, por serem um grupo numeroso, de elevada densidade populacional, com grande diversidade, possuindo capacidade de resposta aos recursos disponíveis, referentes a qualidade e quantidade (CORREIA, 2018).

Existe interação entre a manutenção da capacidade produtiva do solo e a sua diversidade biológica, que atua auxiliando a decomposição e mineralização de resíduos orgânicos existentes, sendo esses processos beneficiadores, através da disponibilidade de nutrientes, das plantas e outros indivíduos presentes no habitat (NUNES GUTJAHR et al., 2019).

A entomofauna edáfica é encontrada entre os indivíduos representantes da mesofauna, com diâmetro corporal entre 100µm e 2mm e da macrofauna do solo, com diâmetro corporal entre 2mm e 20mm, que apresentam atividades tróficas como o consumo de microrganismos e microfauna, fragmentação do material vegetal em decomposição e de detritos animais, e ações de modificação da estrutura do solo, devido realização de atividades de escavação (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

As comunidades de indivíduos presentes no solo podem ser grandemente afetadas pela fragmentação de habitats, que pode ser resultado de ações antrópicas, analisar a interação desses indivíduos com o manejo e uso do solo, se torna parâmetro importante no processo de avaliação de qualidade do solo, considerando que a abundância, riqueza e diversidade dos organismos irão depender das técnicas de manejo, intensidade de utilização do solo, cobertura vegetal e alterações no microclima local (SPILLER; SPILLER; GARLET, 2018).

3.6 Análise geoestatística

3.6.1 Aplicada à entomologia

A geoestatística possui base conceitual na interpretação espacial de uma variável regionalizada com realização particular de uma função aleatória, permitindo a interpretação dos resultados obtidos no estudo baseado na estrutura de sua variabilidade natural, levando em conta a

existência de dependência espacial dentro do espaço de amostragem (ABREU et al., 2003), a utilização de tecnologia da informação e o estudo da distribuição espacial de insetos pode agir auxiliando no monitoramento e manipulação de informações da área de produção, com grande importância na gestão de sistemas de manejo, resultando na obtenção de economia de insumos e, ocasionando menor impacto ambiental, entendendo que a determinação da distribuição espacial, independente da espécie, é o primeiro passo para o desenvolvimento de plano de amostragem (DAL PRÁ, 2010).

Encontrados praticamente em todos os locais, envolvidos em vários processos e interações ecológicas, com alta diversidade de espécies, os insetos, representantes da classe Insecta, podem tanto servir como atuantes na produção de alimentos, como causadores de problemas na produção de alimentos, podem contribuir no equilíbrio da população de diversas espécies de animais e plantas, podem ser utilizados também como indicadores biológicos de mudanças ambientais, entre outras funções, considerando-se também que, para que se consiga realizar a correta estratégia de manejo desses animais, é necessário que se faça a identificação correta das espécies (CAMARGO et al., 2015).

Pazini et al. (2015) ao estudar a distribuição espacial de *Tibraca limbativentris* utilizou o software R para análise exploratória e geoestatística dos dados, encontrando elevada variabilidade pelos valores de desvio padrão superiores à média e dos valores máximo e mínimo, sendo que, ao indicar dependência espacial, nove modelos de semivariogramas se ajustaram aos dados, obtendo o modelo gaussiano como o que melhor se ajustou aos dados. Já Santos et al. (2015) buscou determinar a dependência espacial com semivariogramas de *Diatraea saccharalis* na cultura da cana-de-açúcar utilizando-se do programa ArcGIS 9.3, na construção dos semivariogramas, os modelos de distribuição espacial que melhor se ajustaram aos dados estudados foram o gaussiano e o exponencial.

3.6.2 Aplicada à Ciência do Solo

O uso da geoestatística pode ser aplicado em situações em que o manejo do solo pode agir alterando a variabilidade espacial de propriedades do solo e da planta (ABREU et al., 2003). É uma ferramenta estatística usada para estudar a variabilidade espacial e possibilitar a interpretação dos resultados baseado na estrutura da variabilidade natural dos atributos avaliados, levando em consideração a dependência espacial dentro do intervalo de amostragem,

a análise geoestatística auxilia na indicação de alternativas de manejo, reduzindo os efeitos da variabilidade espacial sobre a produção das culturas, e na estimação de respostas das plantas em relação a determinadas práticas de manejo (SILVA et al., 2004). O uso da geoestatística e um conjunto de dados ambientais se tornam ferramentas necessárias para se estimar e mapear estoques de carbono em grandes áreas, sendo que a krigagem e cokrigagem são técnicas bastante utilizadas neste tipo de estudo, segundo Morais et al. (2020), que, estudando a distribuição espacial de estoques de carbono em solo do cerrado encontrou, através da análise do semivariograma, dependência espacial em todas as camadas de solo estudadas (0- 10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm) analisando que, foram encontrados maiores estoques de carbono no solo em regiões com altitude maior, porém, em áreas quente e úmidas, com maior temperatura e precipitação o estoque de carbono encontrado foi menor.

Sabe-se que os fatores e processos de formação do solo provocam variabilidade espacial em seus atributos químicos, associados ao tipo de uso e manejo que também geram, adicionalmente, variabilidade (BARROS et al., 2018) e, a continuidade espacial das variáveis vai depender da malha de amostragem adotada, indicando o uso da geoestatística na elaboração de mapas temáticos buscando obter valores característicos das propriedades dos solos que estiverem em estudo, podendo auxiliar em tomadas de decisão referentes a planejamento e manejo de áreas (GUIMARÃES et al., 2016). Ao estudar a distribuição espacial da salinidade do solo, Resende et al. (2014), encontrou baixa dependência espacial na camada 0-20cm, explicando que os níveis de salinidade nessa área podem estar ligados a aspectos de manejo das culturas que aos processos de formação do solo.

Song et al. (2020), estudando a variabilidade espacial de propriedades do solo e suas implicações no manejo de fertilizantes, encontrou dependência espacial forte para capacidade de troca de cátions (CTC) na camada de 0-20 cm de solo, e para matéria orgânica do solo (MOS) e saturação das bases (SB) na camada de 20-40 cm, e, dependência espacial moderada para pH do solo, MOS e SB na camada de 0-20 cm, e nitrogênio total (NT) em todas as camadas avaliadas, e dependência espacial fraca do pH do solo e CTC na camada de 20-40cm.

A realização da análise detalhada da variabilidade dos atributos do solo, pode funcionar como uma maneira de indicar alternativas de manejo, que funcionem gerando redução dos efeitos dessa variabilidade sobre a produção das culturas (DALCHIAVON et al., 2012), considerando também a importância de estudar a entomofauna edáfica, sendo os insetos componentes de vital importância dentro das comunidades bióticas constituindo o grupo mais dominante dos animais do planeta, compreendendo cerca de 70% das espécies conhecidas (FORMIGA et al., 2020).

Ao definir a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo, se torna possível o controle dos fatores de produção das culturas e a execução de monitoramento ambiental segundo Oliveira et al. (2013), que destaca os atributos físicos macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo como passíveis de alterações conforme o sistema de manejo adotado. Artur et al. (2014) destaca que, além do solo possuir variabilidade natural, resultante do seu processo de formação, as atividades de manejo agrícola e formas de uso da terra agem como fatores adicionais dessa variabilidade.

3.6.3 Variograma e semivariância

O semivariograma permite que ocorra a análise da variabilidade espacial, demonstrando o comportamento das semivariâncias em conformidade com a distância, permitindo a definição do modelo da variabilidade espacial do objeto em estudo (DAL PRÁ, 2010).

O semivariograma demonstra a forma como a variável regionalizada varia de um local para outro no campo, sendo que, ao se conhecer o semivariograma de uma variável pode-se desenhar qualquer tipo de esquema de amostragem para variâncias da estimativa pré-especificada, haja vista que, a variância da estimativa é um atributo que permite a estimativa de valores sem tendência para locais onde não foram medidos, podendo ser conhecida a confiança associadas às estimativas, observando que, dependendo de se utilizar a krigagem ou co-krigagem, a variância da estimativa possui alta sensibilidade à forma do semivariograma (VIEIRA, 2000). Há também o semivariograma cruzado, que pode ser usado em situações onde se possui duas variáveis medidas no mesmo campo, contendo parte dos pontos de amostragem ou todos, coincidentes, buscando avaliar o grau de semelhança da variação que elas possuem no espaço, avaliando se há correlação entre as variáveis, pois, com o conhecimento prévio dos semivariogramas das variáveis estudadas e os semivariogramas cruzados das variáveis correlacionadas, usa-se a krigagem ou a co- krigagem a fim de delinear o espaçamento e a disposição de amostras no campo procurando encontrar um valor prefixado de variância da estimativa, sabendo- se que, o semivariograma cruzado e a co- krigagem são métodos de interpolação que possibilitam a construção de mapas de contorno com alta precisão, haja vista que, após a interpolação a densidade espacial dos dados se torna maior que antes, oferecendo limites de confiança para o mapa, através da variância da estimativa (VIEIRA, 2000).

Guimarães et al. (2016) utilizou o software ArcGIS Desktop para a realização da análise dos dados, onde buscou encontrar e eliminar valores discrepantes, ou seja, os *outliers*, de seu conjunto de dados, e, ao analisar a dependência espacial, através de modelagem dos semivariogramas empíricos de cada variável, avaliando-se os modelos teóricos esférico, exponencial, circular e gaussiano, não encontrando dependência espacial para as variáveis microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo, enquanto, ao avaliar o índice de dependência espacial das demais variáveis percebeu presença de dependência espacial moderada e índice de dependência espacial fraca, ressaltando que, quanto maior for o valor do índice de dependência espacial, o semivariograma irá melhor explicar a variância dos dados. Vieira (2000) diz que os semivariogramas podem ser divididos em modelos com patamar, sendo eles: modelo linear, modelo esférico, modelo exponencial, modelo gaussiano; e, modelos sem patamar.

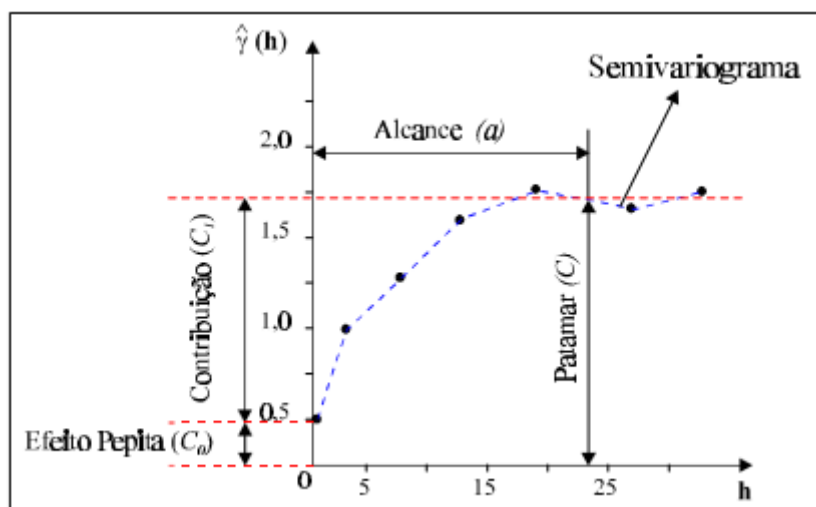
O variograma pode ser analisado pela equação (1), conforme Yamamoto (2020):

(1)

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [Z(x+h) - Z(x)]^2$$

O variograma é representado pelo gráfico $\gamma(h)$ versus h , para realização do ajuste e escolha de um modelo matemático aos valores calculados de $\gamma(h)$, estima-se os coeficientes do modelo teórico para o variograma sendo C_0 : efeito pepita; $C_0 + C_1$: patamar e, a : alcance) (BOTTEGA et al., 2011). A Fig. 1 exemplifica o modelo de semivariograma experimental com a identificação dos parâmetros que podem ser observados.

Figura 1. Modelo de semivariograma experimental.



Adaptado de Camargo (1998).

3.6.4 Krigagem

São preditores geoestatísticos que utilizam a vizinhança amostrada a fim de, através de dados obtidos por amostras, obter a noção de que a estrutura de dependência espacial de um processo probabilístico aperfeiçoa as predições, com ausência de viés e mínima variância possível segundo Santos et al. (2011) que, ao comparar as krigagens simples e universal, utilizou o software R, onde o critério usado para comparação entre as krigagens foi a variância média de krigagem, encontrando o menor valor de variância média de krigagem para a krigagem simples, concluindo que há maior precisão para este tipo.

Ao falar sobre krigagem, Guimarães et al. (2016) diz que o seu produto final é a superfície interpolada de cada variável, que irá mostrar a distribuição espacial, sendo, a partir daí, possível a identificação da localização, abrangência de valores extremos, grau de homogeneidade da área e direções de maior gradiente, podendo ainda revelar se essas superfícies possuem padrão que possa sugerir que a variável interpolada tenha correlação com outras variáveis.

Considerada uma ferramenta fundamental no estudo de variáveis regionalizadas, onde essa teoria apresenta comportamento espacial com características intermediárias entre as variáveis verdadeiramente aleatórias e as totalmente determinísticas, sendo a krigagem considerada um interpolador não viesado e de variância mínima, consistindo em combinar estimativas dos parâmetros do modelo variográfico com os dados observados a fim de produzir uma superfície de predição segundo Rosa et al. (2015), que, partindo da ideia da grande aceitabilidade dos mapas, fez um estudo comparativo entre mapas interpolados por krigagem usando os softwares ArcGis 10.1, ArcGis 9.3 e o R, possuindo mesmas estimativas de parâmetros, modelos e métodos, concluindo que o R, mesmo possuindo a mesma variabilidade estatística que os outros programas, mostrou-se bastante superior aos demais, é claro que, evidenciando que a natureza da pesquisa foi apenas de cunho comparativo.

3.6.5 Validação cruzada dos modelos

Ceddia et al. (2015) diz que a validação cruzada é um método estatístico que serve para validar um modelo preditivo, englobando a criação de subconjuntos de treinamento e validação de conjuntos, sendo que o subconjunto de treinamento é utilizado no ajuste do modelo de previsão, enquanto o subconjunto de validação funciona para avaliação do modelo, onde a qualidade das predições dentro do conjunto de validação gera uma média geral da precisão da previsão.

3.7 Análise Multivariada

3.7.1 Análise de componentes principais (PCA)

Em situações com mais de uma variável resposta, o método geral utilizado é a análise de variância multivariada, a MANOVA, comparando-se as médias e os vetores de médias, ou seja, ocorre a análise de variáveis respostas simultaneamente, considerando as relações existentes entre elas (SILVA, 2016).

Um dos métodos multivariados considerado mais simples e mais utilizado é a análise de componentes principais, onde seu objetivo consiste em tomar p variáveis resposta ($X_1, X_2, \dots, X_p$) buscando encontrar combinações lineares a partir dessas variáveis resposta para produzir variáveis latentes ($Z_1, Z_2, \dots, Z_p$), chamadas componentes principais, estando não correlacionadas na ordem de sua importância e que descrevam a variação dos dados, considerando que a ordem da importância dessas variáveis é tal que $Var(Z_1) \geq Var(Z_2) \geq \dots \geq Var(Z_p)$, sendo $Var(Z_j)$ a variância do j -ésimo componente, podendo chamar seu autovalor, cujo objetivo é a redução dimensional, sendo que poucos componentes sejam capazes de sintetizar a variação total das p variáveis resposta. É considerado uma análise de componentes principais bem-sucedida quando ocorre significativa redução dimensional apresentando um mínimo de perda de informação e, a interpretação dos componentes deve ser realizada em termos das magnitudes dos coeficientes que estejam associados às variáveis originais, de forma que um alto valor de um coeficiente, sendo ele positivo ou negativo, aponta maior peso da variável original correspondente em termos da variação de dados (SILVA, 2016).

3.7.2 Análise multivariada de variância (MANOVA)

Quando se está estudando mais de uma variável resposta utiliza-se o método de análise de variância multivariada, a MANOVA, comparando-se vetores de médias e, não apenas as médias, ou seja, analisa-se simultaneamente as variáveis respostas considerando as relações que ocorrem entre elas (SILVA, 2016).

Na MANOVA, por exemplo, possuímos $k = 1$ até g grupos, e $l = 1, \dots$, até q observações dentro de cada grupo, essas observações multivariadas são expostas como $Y_{k,l}$, o l -ésimo vetor de

observações dentro do k -ésimo grupo, caso o delineamento seja balanceado, existindo o mesmo número q de observações em cada um dos g grupos, então o tamanho amostral total $m = gq$, assim analisa-se este modelo: $Y = \mu + A_k + e_{kl}$, em que Y é a matriz de medidas (com m linhas de observações e n colunas de variáveis), μ é a média da população, A_k é a matriz de desvios do k -ésimo tratamento para a média geral das amostras e e_{kl} é o termo do erro - a diferença da média do k -ésimo tratamento do l -ésimo indivíduo do grupo de tratamento, assumindo-se que o e_{kl} provém de uma distribuição multivariada normal, em que a estatística do teste é gerada pela razão da soma dos quadrados entre grupos, dividida pela soma dos quadrados dentro dos grupos (GOTELLI; ELLISON, 2011).

3.8 Hipóteses

Neste trabalho considerou-se as seguintes hipóteses:

- 1- A vegetação e as ocupações anteriores da área podem ser os responsáveis pela variabilidade dos atributos do solo que serão encontradas, diferenciando a área de Mata Nativa da área de Pousio;
- 2- A variabilidade dos atributos do solo nas diferentes áreas estudadas pode agir sobre a composição da fauna edáfica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

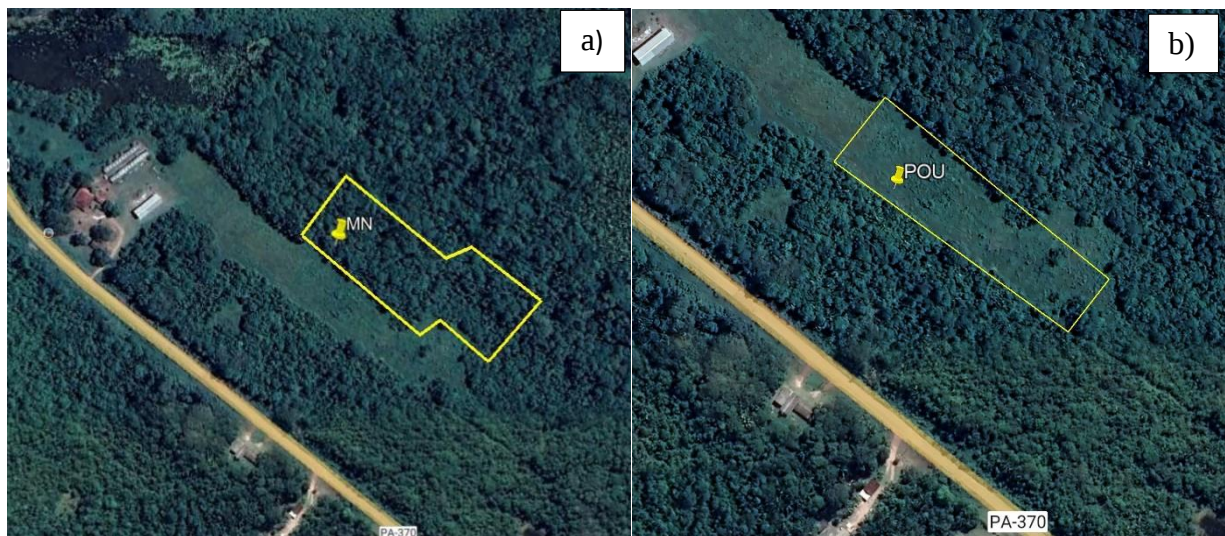
4.1 Área de estudo

A presente pesquisa foi conduzida na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Oeste do Pará/UFOPA, situada no município de Santarém, Pará, à margem esquerda da Rodovia PA 370 – “Santarém/Curuá-Una”, no km 37. Apresenta coordenadas geográficas 2°41’18” S e 54°32’19” W. Os solos da região são classificados sendo do tipo Gleissolo melânico Tb Distrófico e Latossolo Amarelo Distrófico (ALMADA et al., 2021). A região apresenta clima tropical úmido, possuindo médias anuais de temperatura máxima, média e mínima, respectivamente, de 31,2 °C, 26,0 °C e 22,6 °C, e, umidade relativa do ar anual com média de

84 % e precipitação pluviométrica média anual de 2.096 mm, com altitude de 176 metros (BASTOS, 1972, apud EL – HUSNY et al., 2006).

O estudo foi realizado em uma área de Mata Nativa (MN) e uma área de Pousio (POU) que já obteve cultivos agrícolas anteriormente, e, encontra-se em processo de regeneração (Figura 2).

Figura 2. Localização das áreas de estudo, demonstrando área de Mata Nativa (A) e área de Pousio (B).



Fonte: Google Earth (Elaborado pela autora).

Figura 3. Mapa de localização da área de estudo na Fazenda Experimental- UFOPA, na Rodovia Santarém – Curuá-Una, indicando o local dos pontos onde foram coletadas as amostras.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 Coleta de dados

Para caracterização e correção da fertilidade do solo, as amostras de solo foram coletadas nas profundidades 0-20 cm; 20-40 cm e 40-60 cm, com 20 amostras simples para compor uma amostra composta. Após a coleta as amostras foram secas ao ar (TFSA) e passadas em peneiras com malha de 2 mm de diâmetro. As amostras foram enviadas para o laboratório de análise de rotina de solos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo (ESALQ – USP).

Para análise física do solo foram montadas malhas amostrais na área de Mata Nativa e na área de Pousio nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, totalizando 49 amostras por profundidade e um total de 98 amostras por área e 196 indeformadas e 196 amostras deformadas no total. Os atributos avaliados foram: Densidade do solo e da partícula do solo, macro e microporosidade, porosidade total, umidade gravimétrica e volumétrica, seguindo metodologia de Teixeira et al. (2017) e resistência a penetração radicular, seguindo metodologia de Cherubin et al. (2011).

4.3 Análise de dados

Na Tabela 1 estão representados os dados da análise química do solo da área considerando as três profundidades de amostragem.

Tabela 1 – Resultados da análise dos atributos químicos do solo nas áreas de estudo localizadas na fazenda experimental - UFOPA.

Análise de solos da fazenda experimental da Ufopa				
Atributos	Unidades	Amostras		
		P 1	P2	P3
pH H ₂ O	-	4,7	4,8	4,9
pH CaCl ₂	-	3,8	3,8	3,9
M.O.	g.kg ⁻¹	29	12	8
P	mg.dm ⁻³	17,8	4,6	3,2
Ca	cmolc.dm ⁻³	0,5	0,3	0,2
Mg	cmolc.dm ⁻³	0,2	0,1	0
K	mg.dm ⁻³	24	9	7
Al	cmolc.dm ⁻³	1,3	1,2	1,1
H+Al	cmolc.dm ⁻³	5,6	4,2	2,8
SB	cmolc.dm ⁻³	0,76	0,42	0,21
CTC	cmolc.dm ⁻³	4,25	1,76	0,58
V	%	17,88%	23,86%	36,20%

M	%	63,10%	74,07%	4,78%
P1 = profundidade 1 (0-20 cm); P2 = profundidade 2 (20-40 cm); P3 = profundidade 3 (40-60 cm)				
Métodos: pH H ₂ O, Fósforo (P) extração por Mehlich ⁻¹ e determinação por colorimetria, Potássio (K) extração por Mehlich ⁻¹ e determinação em fotômetro de chama, Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) extração por KCl 1mol.L ⁻¹ e determinação em espectrofotômetro de absorção atômica, alumínio (Al) extração por KCl 1mol.L ⁻¹ e determinação por titulometria, Acidez potencial (H + Al) extração por acetado de cálcio pH 7.0 e determinação por titulometria (Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. Métodos usados na EMBRAPA. Documentos número 3. Outubro, 1998) pH CaCl ₂ 1 mol.L ⁻¹ (Análise Química para Avaliação da Fertilidade de solos tropicais. Instituto Agronômico de Campinas, 2001). Matéria orgânica extração por solução de dicromato e determinação por titulação. Boletim Técnico 106. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. IAC, 2009).				

4.3.1 Densidade do solo

O cálculo da densidade do solo foi obtido por:

(2)

$$Ds = \frac{Ma}{V}$$

Onde Ds = densidade do solo, em kg dm⁻³ (equivalente a g cm⁻³), Ma = massa da amostra de solo seco a 105 °C até peso constante, em g, e V = volume do cilindro, em cm³.

4.3.2 Densidade da partícula do solo

Foi realizada através do método do balão volumétrico, com determinação em duas etapas: a obtenção da massa da amostra por pesagem e determinação do seu volume. Utilizou-se como equipamentos: Balão volumétrico de 50 mL, balança com precisão de 0,001 g, buretas de 50 mL, estufa com ajuste de temperatura para 105 °C, funil e um recipiente, como reagente foi usado álcool etílico hidratado 96%. No procedimento, pesou-se 20 g de solo, colocando-se em recipiente de massa conhecida, deixando secar em estufa a 105 °C por 24 horas, em seguida, deixou-se esfriar em dessecador e foi realizado o peso para obtenção da massa da amostra seca. Em seguida, foi aferido o balão volumétrico de 50 mL com álcool etílico hidratado, transferiu-se a amostra para o balão aferido de 50 mL com o auxílio de um funil, adicionou-se álcool etílico até cobrir a amostra, agitando bem o balão para eliminar as bolhas de ar que se formam, prosseguiu-se com a operação, vagarosamente, até completar o volume do balão, verificando-se a ausência de bolhas e anotando o volume de álcool gasto. O cálculo utilizado foi:

(3)

$$D_p = \frac{m_a}{(V_t - V_u)}$$

Onde: D_p – densidade de partículas, em kg dm⁻³ (equivalente a g cm⁻³), m_a = massa da amostra seca a 105 °C, em g, V_t = volume total aferido do balão, em mL e V_u = volume utilizado para completar o balão com a amostra, em mL. (VIANA; TEIXEIRA; DONAGEMMA, 2017).

4.3.3 Macroporosidade

O cálculo da macroporosidade do solo foi realizado conforme Stolf et al (2011), onde se usou os dados da densidade do solo e do teor de areia: Macro = 0,693 – 0,465 Ds + 0,212 Areia, apud Stolf et al. (2018).

4.3.4 Microporosidade

Foi calculada através da seguinte equação:

(4)

$$Mic = Pt - Mac$$

Onde Pt = porosidade total e Mac = macroporosidade.

4.3.5 Porosidade total

A porosidade total foi obtida através da equação:

(5)

$$Pt = \frac{(D_p - D_s)}{D_p}$$

Em que D_s = densidade do solo e D_p = densidade da partícula.

4.3.6 Umidade gravimétrica

O cálculo foi realizado através da diferença da massa úmida e massa seca:

(6)

$$CGA = \frac{(a - b)}{b}$$

Onde (*a*) representa a massa da amostra úmida em gramas e (*b*) representa a massa da amostra seca à 105° C até atingir o peso constante em gramas.

4.3.7 Umidade volumétrica

Foi calculada através da equação (7):

(7)

$$CVA = \frac{(a - b)}{c}$$

Onde (*a*) representa a massa da amostra úmida em gramas, (*b*) representa a massa da amostra seca à 105° C até atingir o peso constante em gramas e (*c*) representa o volume da amostra em cm³.

4.3.8 Resistência à penetração do solo

As avaliações de RPS a campo foram realizadas com auxílio de um penetrômetro digital portátil marca PenetroLOG, sob condições de solo friável, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm (CHERUBIN et al., 2011).

4.3.9 Abundância entomológica relativa

Na coleta dos insetos, em cada ponto amostral da análise física do solo foram montadas armadilhas do tipo pitfall, montadas com garrafa pet, contendo álcool, no mesmo ponto de coleta das amostras de solo. Após 48 horas da instalação do pitfall, foram recolhidas as amostras

e levadas ao laboratório de entomologia da Universidade Federal do Oeste do Pará, para a realização da triagem. A entomofauna do solo foi separada em morfoespécies para identificação.

Após a coleta os insetos foram armazenados em recipiente plástico contendo álcool para conservação, sendo preservados em via úmida. A identificação foi realizada a nível taxonômico de ordem e família no laboratório de microscopia da Universidade Federal do oeste do Pará, com o auxílio de microscópio estereoscópio.

Na determinação das categorias de dominância, utilizou a classificação de Friebe (1983) apud Santos et al., (2016), com a seguinte fórmula:

$$D\% = \frac{i}{t} \times 100 \quad (8)$$

Sendo que: i = total de indivíduos de uma espécie/Ordem e t = total de indivíduos coletados, significando que: Eudominante ($D > 10\%$); Dominante ($5 < D < 10\%$); Subdominante ($2\% < D < 5\%$); Eventual ($D = 1 < 2\%$) e Rara ($D < 1\%$).

Para cálculo da constância, foi utilizada a fórmula (9):

$$C = \frac{Ci}{Nc} \times 100 \quad (9)$$

Onde: C = percentagem de constância; Ci = número de coletas contendo a Ordem; Nc = número total de coletas efetuadas. Conforme o resultado percentual obtido, as Ordens foram agrupadas em categorias, segundo Silveira Neto et al. (1976) apud Santos et al., (2016), classificando em: 1. Constantes (x) – presentes em mais de 50% das coletas; 2. Acessórias (y): presentes entre 25 a 50% das coletas; 3. Acidentais (z): presentes em menos de 25% das coletas.

4.3.10 Índice de Dependência espacial

O índice de dependência espacial foi calculado através da equação 10, a seguir:

$$IDE = \frac{C}{C0 + C1} \times 100 \quad (10)$$

Considerando dependência espacial <25% fraca, 25%>75% moderada e, >75% forte, sendo IDE= índice de dependência espacial, C= Contribuição da semivariância e, C_0+C_1 = patamar (ZIMBACK 2001, apud BATISTA, ZIMBACK; VETTORATO, 2002).

4.3.11 Análise estatística

A análise dos dados foi feita através da linguagem e ambiente R versão 4.1.0, sendo realizada a estatística descritiva, análise multivariada de variância (MANOVA), análise multivariada de redundância e análise de componentes principais. Na análise geoestatística, realizou-se a krigagem ordinária para os dados dos atributos físicos do solo com a criação de variogramas. A Krigagem ordinária funciona considerando a média flutuante ou móvel por toda a área (LANDIM; STURARO, 2002).

As famílias da fauna edáfica foram submetidas a krigagem de Poisson, que possui melhor desempenho na utilização de dados de contagem (GOOVAERTS, 2005), construindo-se covariogramas.

A modelagem dos semivariogramas experimentais foi realizada através de ajustes de diferentes modelos, considerando os parâmetros do semivariograma, o efeito pepita, o patamar e o alcance, significando a distância em que a dependência espacial existe e deve ser considerada (LASMAR et al., 2012). Foram considerados o RMSE (erro quadrático médio da raiz), MAE (erro médio absoluto) e índice de WILLMOTT no processo de ajuste dos variogramas.

Nos atributos do solo foram testados os modelos: esférico, exponencial, gaussiano, cúbico e matern em todas as características. Para análise da entomofauna foram testados os modelos: exponencial, gaussiano, cúbico, circular e esférico para todas as famílias, a fim de encontrar o modelo com os parâmetros mais adequados.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') e índice de Equitabilidade de Pielou foram calculados utilizando-se o pacote **vegan**.

Na análise geoestatística dos atributos físicos do solo utilizou-se o pacote **geoR**, usando a função **variog4** para calcular o variograma para quatro direções. A geoestatística dos dados da fauna edáfica foi realizada através do pacote **geoRGLM**, com a função **covariog** para construção dos covariogramas. Primeiramente foram criados os arquivos no formato shapefile

no software Qgis, contendo os dados coletados em cada ponto de amostragem, conforme a coordenada geográfica, para então utilizar no programa estatístico R.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Estatística descritiva dos dados

Foram coletados no total 3.098 insetos, sendo que, 1.710 foram coletados na área de Mata Nativa e 1.388 na área de Pousio. Encontraram-se na área 45 famílias, pertencentes a doze ordens. Porém, foram realizadas as análises apenas das famílias que apresentaram a característica de subdominante, ou seja, a partir de 2% de presença nas áreas estudadas.

A partir da classificação, foram estudadas 14 famílias na área de Mata Nativa e 12 na área de Pousio (Tabela 2). Houve destaque em ambas as áreas da família formicidae, pertencente a ordem Hymenoptera, com 29% de abundância na área de Mata Nativa e 96% de constância, e 49% de abundância e 98% de constância na área de Pousio, considerada eudominante em ambas as áreas.

A ordem coleóptera apresentou o maior número de famílias tanto na área de Pousio quanto na área de Mata Nativa, apresentando 7 famílias na área de Mata Nativa e 6 famílias na área de Pousio. Porém, apenas a família curculionidae da ordem coleóptera apresentou a característica de eudominante, resultado semelhante ao obtido por Guimarães et al. (2019) que, ao estudar a antropodofauna em área com cultivo de mandioca no interior da Amazônia, encontrou maior abundância de indivíduos da ordem Coleóptera.

Santos et al. (2016) estudando uma área de mata ripária e um sistema agroflorestal também encontrou resultados semelhantes, com predominância da ordem Hymenoptera, representada principalmente pela família formicidae e da ordem coleóptera nas áreas estudadas. A família Scarabaeidae da ordem Coleóptera também apresentou abundância na área. A ordem Hymenoptera (família formicidae) também possuiu destaque no trabalho de Tacca, Klein e Preuss (2017) juntamente com a ordem Diptera (famílias Culicidae e Muscidae), com maior quantidade de indivíduos encontrados na área de Mata Nativa.

As famílias encontradas nas áreas não foram semelhantes, além de maior número de famílias e ordens na área de Mata Nativa. A família Scarabaeidae (Coleóptera) apresentou grande quantidade de indivíduos na área de Mata Nativa, enquanto na área de Pousio obteve quantidade significativamente reduzida, resultado semelhante ao obtido por Niero e Hernández (2017), que, estudando a família Scarabaeidae em diferentes paisagens, observou uma certa

heterogeneidade espacial dos insetos, com preferências de indivíduos por algumas áreas, principalmente áreas de mata, comparada com áreas com plantações de eucalipto, pastagens e de agroecossistema.

A presença das ordens Hymenoptera e Coleóptera em diferentes áreas estudadas também foi encontrada no trabalho de Ramos e Aguiar (2019).

Tabela 2. Números de indivíduos coletados na área de Mata Nativa e na área de Pousio, com classificação de Dominância e Constância.

Área de Mata Nativa				
Ordem	Famílias	Nº de Indivíduos coletados	Dominância	Constância
			(%)	(%)
Blattodea	Blattidae	63	Subdominante	Y
Coleóptera	Bostrichidae	70	Subdominante	Y
	Cleridae	26	Subdominante	Z
	Curculionidae	239	Eudominante	X
	Platypodidae	50	Subdominante	Z
	Scarabaeidae	108	Dominante	X
	Scolytidae	26	Subdominante	Z
	Staphylinidae	97	Dominante	Y
Dermaptera	Anisolabididae	107	Dominante	Y
Diptera	Culicidae	65	Subdominante	Y
	Muscidae	52	Subdominante	Y
Hymenoptera	Formicidae	497	Eudominante	X
Isoptera	Termitidae	27	Subdominante	Z
Orthoptera	Gryllidae	81	Dominante	X
Área de Pousio				
Ordem	Famílias	Nº de Indivíduos coletados	Dominância	Constância
			(%)	(%)
Blattodea	Blattidae	52	Subdominante	X
Coleóptera	Bostrichidae	28	Subdominante	Z
	Chrysomelidae	29	Subdominante	Y
	Curculionidae	42	Subdominante	Y
	Scarabaeidae	24	Subdominante	Z
	Staphylinidae	75	Dominante	X
	Tenebrionidae	23	Subdominante	Z

Diptera	Culicidae	47	Subdominante	Y
Hemiptera	Cicadellidae	28	Subdominante	Z
	Coreidae	30	Subdominante	Y
Hymenoptera	Formicidae	678	Eudominante	X
Orthoptera	Gryllidae	109	Dominante	X

Eudominante: (D>10%), Dominante: (D>5<10%), Subdominante: (D>2<5%), Eventual: (D = 1 <2%) e Rara: (D<1%). Constante (x)= presente em mais de 50% das coletas, Acessórias (y)= presentes entre 25 a 50% das coletas, Acidentais (z)= presentes em menos de 25% das coletas.

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação à constância, as famílias Formicidae da ordem Hymenoptera, Curculionidae, Scarabaeidae e Platypodidae da ordem Coleóptera, e Gryllidae da ordem Orthoptera, foram consideradas constantes, resultado semelhante ao encontrado por Santos et al., (2016), que encontrou essas ordens também classificadas como constantes em suas áreas pesquisadas.

A área de Mata Nativa apresentou índice de Shannon-Wiener (H') de 2,68 e a área de Pousio 2,31. O índice de Equitabilidade de Pielou da área de Mata Nativa foi de 0,72 e da área de Pousio de 0,61. A área de mata obteve maior índice de biodiversidade, semelhante a Tacca, Klein e Preuss (2017) e Ludwig et al. (2012) e Ramos e Aguiar (2019), devido maior quantidade de resíduos orgânicos no solo e de ambiente favorável.

Para que se consiga visualizar os dados de maneira resumida, realizou-se a estatística descritiva dos atributos estudados na área de Mata Nativa (Tabela 3). Os valores de DS encontrados na área de Mata Nativa na profundidade de 0-20 cm foram superiores aos encontrados na profundidade de 20-40 cm. Porém, os dados de MAC, MIC e PT foram maiores na profundidade de 20-40cm. O maior coeficiente de variação encontrado na profundidade de 0-20 cm foi da macroporosidade. E a resistência à penetração do solo apresentou o maior CV na profundidade de 20-40 cm.

Tabela 3. Estatística descritiva dos atributos físicos do solo referentes a área de Mata Nativa coletados na profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm.

Dados Mata nativa 0-20 cm					
	Média	Mediana	Variância	Desvio padrão	Coeficiente de Variação (%)
DS (Mg m³)	1,26	1,28	0,012	0,11	8,75
MAC (m³m⁻³)	0,17	0,16	0,002	0,05	30,03
MIC(m³m⁻³)	0,32	0,33	0,000054	0,0073	2,27

PT (m³m⁻³)	0,49	0,49	0,002	0,043	8,80
UG (kg kg⁻¹)	0,20	0,21	0,00076	0,027	1,33
UV (m³m⁻³)	0,25	0,26	0,0012	0,035	13,78
RPS (Mpa)	1,42	1,45	0,12	0,35	24,96
Dados Mata nativa 20-40 cm					
	Média	Mediana	Variância	Desvio padrão	Coeficiente de Variação (%)
DS (Mg m³)	1,18	1,18	0,005	0,074	6,30
MAC(m³m⁻³)	0,18	0,18	0,0012	0,035	19,35
MIC (m³m⁻³)	0,36	0,36	0,000041	0,0064	1,78
PT (m³m⁻³)	0,54	0,55	0,00084	0,029	5,32
UG (kg kg⁻¹)	0,22	0,22	0,00065	0,025	1,15
UV (m³m⁻³)	0,25	0,26	0,00079	0,028	1,08
RPS (Mpa)	2,43	2,49	0,28	0,53	21,70

DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade, PT = porosidade total, UG = umidade gravimétrica, UV= umidade volumétrica e RPS= resistência à penetração do solo.

Fonte: Elaborado pela autora.

A área de Pousio (Tabela 4) apresentou comportamento semelhante a área de Mata Nativa, com os dados de densidade de solo apresentando maior valor na profundidade de 0-20 cm, conforme Lima et al. (2014) que, ao estudar área de Latossolo Amarelo distrófico encontrou os valores de densidade do solo mais elevados em área de solo cultivado do que na área de Mata Nativa, o que pode estar relacionado à redução no teor de matéria orgânica do solo e, também, da pressão exercida na sua superfície pelos cultivos anteriores, que resulta em redução no volume de poros e, conseqüentemente, aumento de sua densidade. Os dados de MAC, MIC e PT foram maiores na profundidade de 20-40 cm. Segundo Lima et al. (2014) a macroporosidade e a microporosidade dimensionam dois domínios de poros respectivamente diferentes, dependentes da textura desse solo, principalmente dos teores de silte e argila.

Os dados contendo os maiores coeficientes de variação foram os de UG, UV e RPS em ambas as profundidades.

O coeficiente de variação foi considerado baixo para os atributos MIC, PT e DS, sendo menor que 12%, conforme Oliveira et al. (2013), apontando baixa variabilidade nas duas áreas estudadas.

Tabela 4. Estatística descritiva dos atributos físicos do solo referentes a área de Pousio coletados na profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm.

Dados Pousio 0-20 cm					
	Média	Mediana	Variância	Desvio padrão	Coeficiente de Variação (%)
DS (Mg m³)	1,28	1,29	0,0044	0,067	5,19
MAC(m³m⁻³)	0,15	0,15	0,00060	0,024	1,59
MIC (m³m⁻³)	0,33	0,34	0,000033	0,0058	1,73
PT (m³m⁻³)	0,49	0,49	0,00070	0,026	5,40
UG (kg kg⁻¹)	0,22	0,22	0,0018	0,042	19,41
UV (m³m⁻³)	0,28	0,29	0,0027	0,052	18,42
RPS (Mpa)	1,24	1,21	0,036	0,19	15,25
Dados Pousio 20-40 cm					
	Média	Mediana	Variância	Desvio padrão	Coeficiente de Variação (%)
DS (Mg m³)	1,21	1,20	0,0022	0,047	3,90
MAC (m³m⁻³)	0,16	0,18	0,00044	0,021	1,25
MIC (m³m⁻³)	0,35	0,36	0,000023	0,0048	1,36
PT (m³m⁻³)	0,52	0,53	0,00034	0,018	3,53
UG (kg kg⁻¹)	0,24	0,24	0,0010	0,032	13,19
UV (m³m⁻³)	0,29	0,29	0,0015	0,039	13,35
RPS (Mpa)	2,20	2,19	0,11	0,33	15,24

DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade, PT = porosidade total, UG = umidade gravimétrica, UV= umidade volumétrica e RPS= resistência à penetração do solo.

Fonte: Elaborado pela autora.

Couto et al. (2016) consideraram em seu trabalho valores de resistência do solo à penetração menores que 2 MPa sem restrição ao desenvolvimento das plantas, 2 e 3,5 MPa como restritivas à penetração de raízes e acima de 3,5 como impeditiva, considerando trabalhos existentes na literatura. O que permite analisar que nas áreas estudadas, tanto de Pousio quanto na área de Mata Nativa, o solo ainda não pode ser considerado como restritivo ao desenvolvimento das plantas.

Os atributos físicos do solo apresentaram valores de média e mediana muito aproximados das variáveis analisadas tanto na área de pousio quanto na área de mata nativa, o que pode indicar que os dados tendem a aproximar de uma distribuição normal, indicando simetria na distribuição dos dados (OLIVEIRA et al., 2013), evidenciando uma distribuição simétrica e indicando pouca dominância de valores atípicos sobre os valores observados possibilitando a utilização da geoestatística (CAMPOS et al., 2013).

A Tabela 5 ilustra os dados referentes às quatorze famílias que foram encontradas na área de Mata Nativa, com destaque ao maior número de média da família Formicidae, sendo também a família que apresentou maior variância e maior desvio padrão, com menor coeficiente de variação. Rosa et al. (2015) também encontraram maior presença de indivíduos das ordens Formicidae, Coleóptera, Diptera e Blattodea em área de floresta nativa.

Tabela 5. Estatística descritiva dos insetos coletados na área de Mata Nativa e área de Pousio.

Insetos Mata Nativa						
Ordem	Famílias	Média	Mediana	Variância	Desvio padrão	Coeficiente de Variação
Blattodea	Blattidae	1,28	0	3,79	1,94	151,45
	Bostrichidae	1,02	0	4,24	2,06	201,62
	Cleridae	0,48	0	1,38	1,17	239,85
	Curculionidae	4,77	3	38,76	6,22	130,37
Coleóptera	Platypodidae	1,02	0	8,18	2,86	280,4
	Scarabaeidae	2,06	1	8,3	2,88	139,84
	Scolytidae	0,53	0	7,08	2,66	501,73
	Staphylinidae	1,58	0,5	4,24	2,06	129,87
Dermaptera	Anisolabididae	2,18	0	9,56	3,09	141,66
Diptera	Culicidae	1,32	0	4,14	2,03	153,4
	Muscidae	0,76	0	2,76	1,66	218,49
Hymenoptera	Formicidae	9,85	7	73,25	8,55	86,82
Isoptera	Termitidae	0,55	0	1,25	1,11	203,1
Orthoptera	Gryllidae	1,61	1	3,7	1,92	119,31
Insetos área de Pousio						
Ordem	Famílias	Média	Mediana	Variância	Desvio padrão	Coeficiente de variação
Blattodea	Blattidae	1,06	1	1,8	1,34	126,72
	Bostrichidae	0,57	0	1,7	1,3	228,73
Coleóptera	Chrysomelidae	0,59	0	1,28	1,13	191,77
	Curculionidae	0,83	0	2,05	1,43	171,37
	Scarabaeidae	0,48	0	0,96	0,98	200,39
	Staphylinidae	1,22	1	1,62	1,27	103,77
	Tenebrionidae	0,46	0	1,12	1,06	226,39
Diptera	Culicidae	0,93	0	1,72	1,31	139,91
Hemiptera	Cicadellidae	0,57	0	1,5	1,22	214,33
	Coreidae	0,61	0	1,15	1,07	175,84

Hymenoptera	Formicidae	13,77	11	108,8	10,43	75,72
Orthoptera	Gryllidae	2,18	2	3,65	1,91	87,52

Fonte: Elaborado pela autora.

Na área de Pousio foram destacadas doze famílias (Tabela 5), com predominância novamente para a família Formicidae, que apresentou maior número de indivíduos, maior variância, maior valor de desvio padrão e menor coeficiente de variação. Santos et al. (2016) enfatizou que a ação antrópica pode ser considerada um fator influenciador na presença de insetos nas áreas, causando impacto principalmente na família Formicidae, representada pelas formigas.

Na análise estatística podemos observar que a média da família formicidae foi maior na área de Pousio do que na área de Mata Nativa, já que as formigas podem estar mais relacionadas a sistemas afetados por ações antrópicas (LIMA et al., 2017).

Na análise de variância multivariada (MANOVA) ambas as áreas se mostraram com resultado significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,001$) pelo teste de Pillai. Entre os atributos avaliados, na área de mata, a macroporosidade e umidade volumétrica do solo se apresentaram como não significativo, e umidade volumétrica se mostrou significativo a nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Na área de Pousio, a umidade volumétrica e a umidade gravimétrica não tiveram significância e, a macroporosidade se apresentou com significância $p < 0,05$. Os demais se mostraram significativos a 1% de probabilidade.

5.2 Análise dos componentes principais

Na análise de PCA os eixos indicaram a variabilidade da área de Mata Nativa em 21,21% no componente 1 (Figura 4A) e o componente 2 com 10,23%, totalizando 31,44%.

Houve a presença de maior quantidade de famílias da ordem Coleóptera, pois encontram-se associadas com a macroporosidade do solo, pois, algumas famílias de coleópteros podem sofrer influência do manejo adotado na área, sendo que esses indivíduos preferem ambientes com cobertura vegetal e disponibilidade de recursos, se beneficiando de melhores condições de alimentação e abrigo (POMPEO et al., 2016), ou seja, a presença de cobertura vegetal pode agir

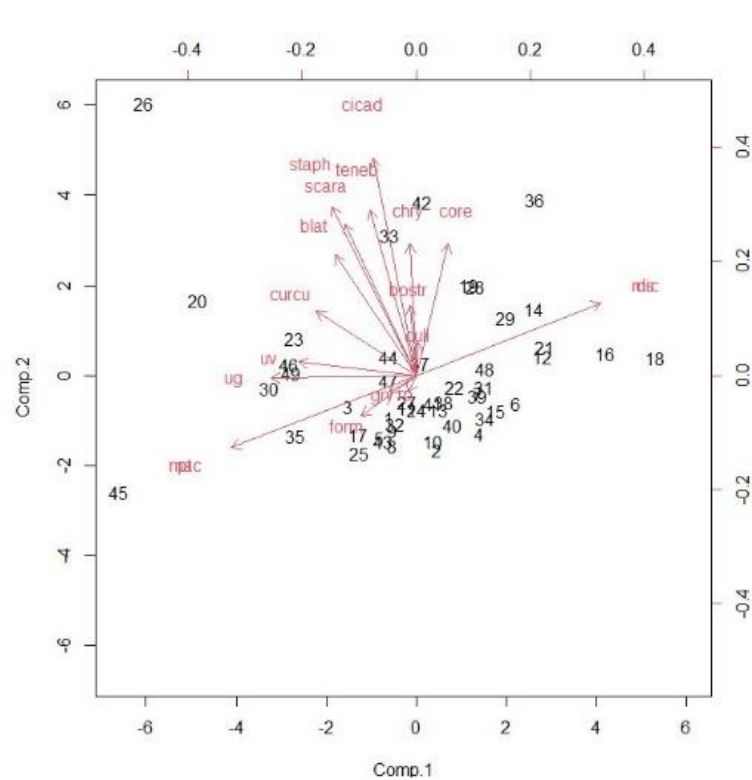
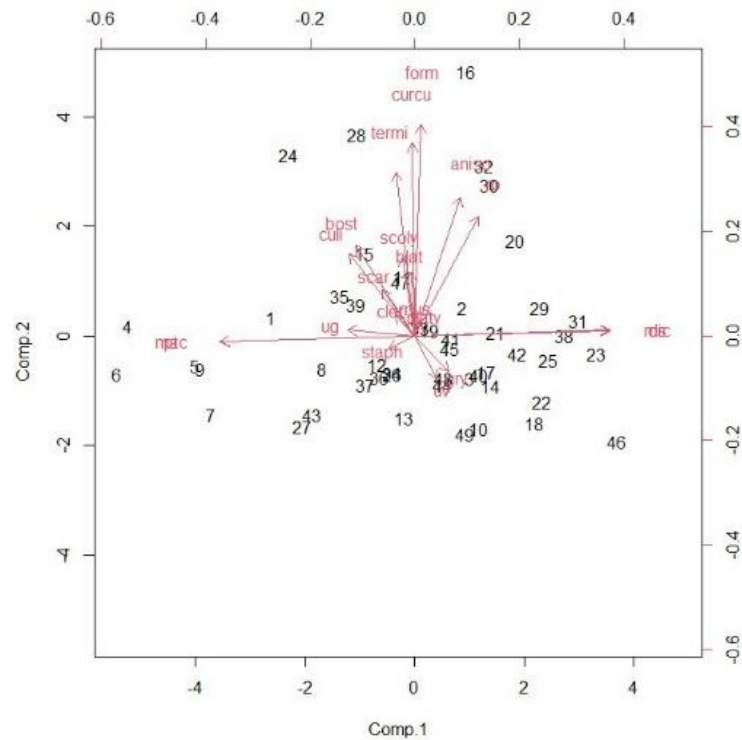
favorecendo o grupo ao proporcionar um habitat adequado para sua distribuição na área (ROSA et al., 2015).

Pereira et al. (2020) também encontrou relação de indivíduos representantes da ordem Coleóptera e Orthoptera em áreas de vegetação nativa com maior teor de macroporosidade, explicando que esses organismos agem na decomposição do material orgânico presente no solo, causando influência na fertilidade do solo, além de favorecimento das atividades dos micro-organismos do solo, consequências de suas habilidades de criar canais no solo, facilitando o transporte de água e gases, isso pode justificar também a relação dos indivíduos da ordem Orthoptera (Gryllidae) com a umidade volumétrica e gravimétrica do solo. Da ordem Coleóptera encontramos Cleridae, Scarabaeidae, Scolytidae, Bostrichidae e Staphylinidae associados com a macroporosidade, porosidade total e umidade do solo.

Os atributos macroporosidade e porosidade total encontram-se altamente dependentes entre si nas duas áreas, sem relação com microporosidade e densidade do solo, que, em ambas as áreas também se encontram altamente correlacionados entre si. As famílias da ordem Coleóptera, Staphylinidae e Chrysomelidae estiveram associadas à porosidade total do solo, em área de Mata Nativa, conforme Pompeo et al. (2016).

A família Culicidae pertencente a ordem Díptera também apresentou correlação com a macroporosidade, isso se dá, conforme Casaril et al. (2019) por ser um grupo que ocupa o solo, predominantemente, na sua fase larval, com grande importância em termos de abundância da fauna do solo em diversos ecossistemas, os autores sugerem que, esses indivíduos podem agir afetando positivamente a macroporosidade do solo nos locais em que habitam, ao executarem suas funções no solo.

Figura 4. Análise dos componentes principais comparando-se com a densidade entomológica, obtendo-se o gráfico biplot da área de Mata Nativa (A) e área de Pousio (B).



DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade, PT = porosidade total, UG = umidade gravimétrica, UV= umidade volumétrica e RPS= resistência à penetração do solo. Aniso= Anisolabididae, blat=

Blattidae, cler=Cleridae, curcu= curculionidae, culi= Culicidae, form= formicidae, gry= Gryllidae, platy= Platypodidae, scara= scarabaeidae, scoly= Scolytidae, termi= Termitidae, bostr= Bostrichidae, mus= Muscidae, staph=staphylinidae, teneb= tenebrionidae, core= coreidae, cicad=cicadellidae, chry=chrysomelidae, bostr= Bostrichidae.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na área de Pousio (Figura 4 B) o componente 1 reteve 27,99% da variação dos dados, enquanto o segundo componente obteve 13,94% de variabilidade, totalizando 41,93%.

As famílias representantes da ordem Coleóptera (Staphylinidae, Curculionidae, Tenebrionidae, Scarabaeidae), Blattidae (Blatodea), Cicadellidae (Hemiptera) apresentaram maior proximidade com as características de solo: umidade volumétrica e umidade gravimétrica, e, da macroporosidade e porosidade total que se encontram altamente relacionadas entre si.

Formicidae (Hymenoptera) e Gryllidae (Orthoptera) apresentaram proximidade com a macroporosidade e porosidade total do solo, semelhante aos resultados encontrados na área de Mata Nativa, e que também se assemelham aos resultados encontrados por Pereira et al. (2020).

A família Scarabaeidae, representante da ordem Coleóptera, esteve associado em ambas as áreas às características de macroporosidade, porosidade total e umidade do solo, podendo ser causa de sua característica de promover a fragmentação e transporte de resíduos orgânicos e movimentá-los para diferentes locais contribuindo na melhoria e aeração do solo e no seu estado de agregação (POMPEO et al., 2016).

Rosa et al. (2015) encontrou alta frequência de indivíduos da ordem Coleóptera em áreas de plantio direto e com integração de lavoura pecuária, deduzindo que pode ter sido consequência da cobertura vegetal que proporciona ambiente favorável para o estabelecimento dos indivíduos desta ordem, os autores também indicam que, conforme a área apresente estabilidade do sistema, ocorrerá aumento na frequência do grupo, o que pode ser resultado do maior número de famílias encontradas na área de mata nativa do que na área de pousio.

O fato da ordem Diptera estar presente em áreas agrícolas pode indicar o acúmulo de matéria orgânica no solo, resultado de haver cobertura do solo permanente (ROSA et al., 2015).

A proximidade das famílias Curculionidae, Scarabaeidae, Tenebrionidae (Coleóptera), Culicidae (Diptera), Gryllidae (Orthoptera), Staphylinidae (Coleóptera) e Blattidae (Blatodea) com os atributos de macroporosidade, porosidade total do solo, umidade volumétrica e umidade gravimétrica, são semelhantes aos resultados descrito por Vasconcellos et al. (2013), que

encontraram associação de indivíduos das ordens Coleóptera e Blattodea com a umidade do solo, os autores encontraram associação da ordem Coleoptera com a macroporosidade do solo, em diferentes locais de estudo, explicando que a macroporosidade possui efeito sobre os organismos presentes no solo, juntamente com a compactação e densidade do solo, sendo que esta, possui efeito geralmente negativo sobre essas características.

Souza et al. (2016) também encontraram relação da macroporosidade do solo com alguns grupos da fauna do solo, enfatizando que esse atributo juntamente com a densidade do solo se encontra altamente associados com a fauna presente no solo, influenciando grandemente a família Formicidae (Hymenoptera) e diversas famílias de Coleóptera.

É possível observar que na área de Pousio as famílias se encontram mais associadas às características de umidade e porosidade do solo, com grande distanciamento das áreas com maior densidade do solo, sendo o oposto do observado na área de Mata Nativa, onde as famílias se apresentam mais distribuídas por toda a área. Esse resultado se dá pelas interações ocorridas entre a biologia e química do solo na área de mata, devido também a alta relação com a umidade, podendo ser considerados indicadores de qualidade desse solo, sofrendo influência de práticas antrópicas na área de Pousio, provocando redução de indivíduos nessa área, destacando que essas interações causam influência nas características físicas do solo (OLIVEIRA FILHO et al., 2018).

5.3 Análise geoestatística

Dos modelos de semivariogramas testados, o matern, o esférico, gaussiano e cúbico foram os que mais se ajustaram aos atributos de solo estudados na área de Mata Nativa (Tabela 6).

A macroporosidade apresentou melhor ajuste no modelo matern nas duas profundidades estudadas e, a umidade volumétrica se ajustou com o modelo cúbico em ambas as profundidades.

A DS do solo possuiu ajuste nos modelos matern e cúbico na área de Mata Nativa, gaussiano e exponencial na área de Pousio, considerando as diferentes áreas e profundidades, sendo este resultado diferente do obtido por Martins et al. (2019) que encontrou esse atributo mais ajustado ao modelo esférico, estudando duas profundidades de solo. Grego et al. (2013) também encontrou resultado diferente, com ajuste da densidade do solo nos modelos circular e gneiting, estudando as profundidades de 0,15 m e 0,30 m.

A porosidade total apresentou ajuste no modelo esférico na profundidade de 20-40 cm, e, RPS apresentou ajuste no modelo esférico na profundidade de 0-20 cm, semelhante ao encontrado por Mion et al. (2012) que encontrou ajuste da Pt ao modelo esférico em profundidade de 0-0,1 e 0,2 e 0,3 m, e, de RPS na profundidade de 0,1-0,2 e 0,2 e 0,3 m, estudando área de Argissolo amarelo.

Na área de Mata Nativa a PT apresentou ajuste ao modelo gaussiano na profundidade de 0-20 cm e, esférico, na profundidade de 20-40 cm, enquanto, na área de Pousio, a DS na profundidade de 0-20 cm, apresentou ajuste ao modelo gaussiano, resultado semelhante ao obtido por Guimarães et al. (2016).

Na área de Mata Nativa (Tabela 6), o maior valor de alcance (A) foi obtido pela umidade volumétrica nas profundidades estudadas, na área de Pousio (Tabela 7), o maior alcance na profundidade de 0-20 cm foi obtido pela umidade gravimétrica e, na profundidade de 20-40 cm, pela resistência à penetração do solo. Segundo Bottega et al. (2013) os valores do alcance podem influenciar na qualidade das estimativas, por determinar o número de valores usados na interpolação.

A importância do alcance na análise geoestatística se dá por expressar a dependência espacial ou distância em que determinada variável pode apresentar o mesmo efeito, sendo assim, maior alcance refletirá em menor variabilidade (OLIVEIRA et al., 2013).

Em relação à dependência espacial, os atributos UG e UV apresentaram forte dependência espacial nas duas profundidades estudadas na área de mata nativa. RPS apresentou forte dependência apenas na profundidade de 0-20 cm, enquanto DS, MIC e PT apresentaram forte dependência espacial na profundidade de 20-40 cm.

Na área de Pousio (Tabela 7), as características MAC, MIC, PT, RPS, UG apresentaram forte dependência espacial em ambas as profundidades, resultado do baixo valor do efeito pepita e patamar de mesma grandeza (JUNQUEIRA JUNIOR; BELONI, 2014) considerando que, o semivariograma explica melhor a variância dos dados quanto maior for o IDE (GUIMARÃES et al., 2016).

A UV apresentou forte dependência na profundidade de 20-40 cm, enquanto moderada dependência na profundidade de 0-20 cm, enquanto, a DS apresentou forte dependência na profundidade de 0-20cm e moderada dependência na profundidade de 20-40 cm. Araújo et al. (2014) encontraram forte dependência espacial dos atributos densidade do solo, umidade do solo e macroporosidade em estudo realizado em áreas considerando diferentes manejos.

A MAC na área de Mata Nativa não apresentou dependência espacial, resultante semelhante ao obtido por Guimarães et al. (2016), juntamente com a RPS.

Tabela 6. Características referentes à área de Mata Nativa coletadas na profundidade de 0-20cm e 20-40cm. (C_0 = efeito pepita; C_0+C_1 = patamar; A = alcance e IDE = índice de dependência espacial).

Mata 0-20 cm					
Variável	Modelo	C_0	C_0+C_1	A (m)	IDE (%)
DS	Matern	0,004	0,0071	7,95	43
MAC	Matern	0,00076	0,0016	8	52
MIC	Matern	0,000015	0,000031	10	51
PT	Gaussiano	0,0005	0,0012	8	58
RPS	Esférico	0,0063	0,08	7,18	92
UG	Gaussiano	0	0,0017	7,98	100
UV	Cúbico	0	0,17	16,63	100
Mata 20-40 cm					
Variável	Modelo	C_0	C_0+C_1	A (m)	IDE (%)
DS	Cúbico	0	0,0049	10	100
MAC	Matern	0,00062	0,00061	15	-
MIC	Esférico	0,000000062	0,000005	12	98
PT	Esférico	0,00000092	0,00073	12	99
RPS	Matern	0,285	0	14,99	-
UG	Matern	0,000049	0,0016	10	96
UV	Cúbico	0	0,0017	15,03	100

DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade, PT = porosidade total, UG = umidade gravimétrica, UV= umidade volumétrica e RPS= resistência à penetração do solo.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na área de Pousio (Tabela 7), vemos os modelos gaussiano, esférico, exponencial, cúbico e matern com os melhores ajustes.

Estudando um solo classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, em áreas cultivadas com cana-de-açúcar, Tavares et al. (2017) obtiveram ajuste do modelo gaussiano para DS em área de cultivo de cana crua, semelhante ao que obtemos na área de Pousio, porém, a macroporosidade e a microporosidade apresentaram ajuste no modelo exponencial, resultado diferente ao encontrado no presente estudo, que se ajustaram melhor ao modelo matern, gaussiano e esférico.

A Ds apresentou ajustes no modelo gaussiano e exponencial na área de pousio, a UV com ajustes no modelo gaussiano em ambas as profundidades e a UG na profundidade de 20-40 cm na área de Pousio e na profundidade de 0-20 cm na área de mata nativa, resultado semelhante ao encontrado por Oliveira et al. (2017).

Junqueira Junior e Beloni (2014) encontraram ajuste do modelo exponencial para a característica DS, porém com IDE de 100%, sendo que neste trabalho encontramos o ajuste do modelo exponencial na área de Pousio para DS com ajuste de IDE de 46%, classificado como moderado, o ajuste de 100% foi obtido pelo modelo gaussiano na profundidade de 0-20 cm.

Tabela 7. Características referentes à área de Pousio coletadas na profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm. (C_0 = efeito pepita; C_0+C_1 = patamar; A = alcance; IDE = índice de dependência espacial).

Pousio 0-20 cm					
Variável	Modelo	C_0	C_0+C_1	A (m)	IDE (%)
DS	Gaussiano	0	0,0048	7,39	100
MAC	Gaussiano	0	0,001	9	100
MIC	Esférico	0,00000007	0,00003	8	99
PT	Exponencial	0,00009	0,0016	8	94
RPS	Cúbico	0,00087	0,054	10	98
UG	Cúbico	0	0,047	20,23	100
UV	Gaussiano	0,00068	0,0016	15	57
Pousio 20-40 cm					
Variável	Modelo	C_0	C_0+C_1	A (m)	IDE (%)
DS	Exponencial	0,0008	0,0015	15	46
MAC	Matern	0,000083	0,00041	10	79
MIC	Matern	0,0000001	0,000004	15	97
PT	Matern	0,000001	0,0003	7	99
RPS	Matern	0,025	0,22	24,99	88
UG	Gaussiano	0,00000077	0,000046	15	98
UV	Gaussiano	0,0000007	0,0001	15	99

DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade, PT = porosidade total, UG = umidade gravimétrica, UV= umidade volumétrica e RPS= resistência à penetração do solo.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tanto a área de Mata Nativa (Tabela 8) quanto a área de Pousio (Tabela 9) apresentaram valores baixos de RMSE e MAE, indicando melhor desempenho de estimativa do modelo de semivariograma escolhido (UNIYAL et al., 2021).

Em relação ao índice de concordância de Willmott, foram observados altos valores tanto nos atributos estudados na área de Mata Nativa quanto na área de Pousio, indicando boa concordância dos valores obtidos, sendo que, este índice possui variação de zero, explicando que não há concordância e, 1, indicando concordância perfeita (SANTANA et al., 2015).

Tabela 8. Características referentes à área de Mata Nativa coletadas na profundidade de 0-20cm e 20-40cm. (RMSE = erro quadrático médio da raiz; MAE = erro médio absoluto).

Mata 0-20 cm				
Variável	Willmott	RMSE	MAE	Modelo
DS	0,74	0,043	0,035	Matern
MAC	0,76	0,018	0,015	Matern
MIC	0,75	0,0029	0,0025	Matern
PT	0,80	0,014	0,011	Gaussiano
RPS	0,92	0,05	0,041	Esférico
UG	0,98	0,0012	0,0008	Gaussiano
UV	0,02	1,97	1,94	Cúbico
Mata 20-40 cm				
Variável	Willmott	RMSE	MAE	Modelo
DS	0,98	0,0027	0,0015	Cúbico
MAC	0,56	0,022	0,018	Matern
MIC	0,006	0,796	0,796	Esférico
PT	0,97	0,0019	0,0014	Esférico
RPS	0,98	0,02	0,015	Matern
UG	0,93	0,0037	0,003	Matern
UV	0,98	0,0017	0,0008	Cúbico

DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade, PT = porosidade total, UG = umidade gravimétrica, UV= umidade volumétrica e RPS= resistência à penetração do solo.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 9. Características referentes à área de Pousio coletadas na profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm. (RMSE = erro quadrático médio da raiz; MAE = erro médio absoluto).

Pousio 0-20 cm				
Variável	Willmott	RMSE	MAE	Modelo
DS	0,98	0,0022	0,0013	Gaussiano
MAC	0,98	0,0012	0,0008	Gaussiano
MIC	0,96	0,00041	0,000037	Esférico
PT	0,02	1,099	1,099	Exponencial
RPS	0,17	1,12	1,099	Cúbico
UG	0,02	1,88	1,874	Cúbico
UV	0,76	0,027	0,020	Gaussiano
Pousio 20-40 cm				
Variável	Willmott	RMSE	MAE	Modelo
DS	0,71	0,022	0,018	Exponencial
MAC	0,84	0,0064	0,0048	Matern
MIC	0,006	0,792	0,792	Matern
PT	0,96	0,0012	0,001	Matern
RPS	0,86	0,098	0,071	Matern
UG	0,04	0,708	0,707	Gaussiano
UV	0,05	0,745	0,744	Gaussiano

DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade, PT = porosidade total, UG = umidade gravimétrica, UV = umidade volumétrica e RPS = resistência à penetração do solo.

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação aos dados da fauna edáfica (Tabela 10), foram ajustados covariogramas, sendo que na área de Mata Nativa e de Pousio possuíram melhores ajustes os modelos circular, exponencial, cúbico, esférico e gaussiano. Riffel et al. (2012) e Grego et al. (2006) estudando uma espécie pertencente à família Noctuidae (Lepidoptera), encontraram melhor ajuste ao modelo esférico, mesmo resultado obtido por Dinardo – Miranda et al. (2007) estudando Cercopidae (Hemiptera), e Dal Prá et al. (2011) em estudo com Melolonthidae (Coleoptera), já, Dinardo – Miranda et al. (2011) encontrou ajuste ao modelo esférico e exponencial para Crambidae (Lepidoptera), e Pazini et al. (2015) encontrou o modelo gaussiano com o melhor ajuste na maioria dos dados amostrados de uma espécie da família de Pentatomidae (Hemiptera).

Os maiores alcances foram obtidos pelas famílias Bostrichidae e Culicidae, na área de Mata Nativa e, na área de Pousio, foram as famílias Cicadellidae e Curculionidae que obtiveram os maiores valores.

Na área de Mata Nativa, 10 famílias obtiveram forte dependência espacial, a família Cleridae apresentou moderada dependência espacial e 3 famílias não apresentaram dependência espacial, entre elas a família Formicidae.

Na área de Pousio, 7 famílias apresentaram forte dependência espacial, 4 famílias não apresentaram dependência espacial e a curculionidae apresentou moderada dependência espacial.

A presença de moderada ou até mesmo baixa dependência espacial pode ser sido influenciada pelo alto valor obtido de efeito pepita (LASMAR et al., 2012).

O alcance ajuda a explicar a distância em que ocorre dependência espacial entre as amostras, sendo assim, podemos analisar o fato de não ocorrer dependência espacial para algumas famílias, entre elas a Formicidae, indicando a necessidade de mais pontos de amostragens em distâncias mais aproximadas (DINARDO – MIRANDA et al., 2007). O aumento da densidade amostral, possibilita maior detalhamento na distribuição dos indivíduos, gerando mapas de interpolação mais acurados (RIFTEL et al., 2012).

Dal Prá et al. (2011) encontrou alcance de 191,26m, com dimensão de malha amostral utilizada considerada adequada possibilitando correta detecção da distribuição espacial de larvas de Melolonthidae (Coleóptera).

A família Formicidae (Hymenoptera), que se destacou com o números de indivíduos capturados, apresentou ajuste ao modelo exponencial, semelhante ao resultado obtido por Lasmar et al. (2012), que encontrou ajuste a esse modelo estudando o número e tamanho de ninhos de formigas cortadeiras do gênero *Atta*.

A família Curculionidae (Coleóptera) se ajustou melhor ao modelo exponencial, diferente do resultado encontrado por Dionisio et al. (2015), que encontrou ajuste de indivíduo dessa família no modelo esférico, observando a distribuição dos insetos na área de forma aleatória, os autores encontraram alcance de 78 a 199 m, diferente do encontrado no presente trabalho, que foi de 16,77 m na área de Mata Nativa e 154,02 m na área de Pousio.

Tabela 10. Características das famílias de insetos coletadas na área de Mata Nativa e de Pousio. (C_0 = efeito pepita; C_0+C_1 = patamar; A = alcance e IDE = índice de dependência espacial).

Insetos área de Mata Nativa						
Ordem	Família	Modelo	C_0	C_0+C_1	A (m)	IDE (%)
Blattodea	Blat	Exponencial	0	0,8244	10,78	100
Coleóptera	Bost	Exponencial	0,2833	0,2786	82,22	-
	Cler	Exponencial	0,2726	0,5719	44,57	52
	Curcu	Exponencial	20,488	0,2421	16,77	-
	Platy	Cúbico	0	0,7347	16,78	100
	Scar	Esferico	0	0,7132	22,62	100
	Scoly	Cúbico	0	0,8302	22,38	100
	Staph	Exponencial	0	0,8016	10,04	100
Dermaptera	Aniso	Circular	0,1536	0,692	18,75	77
Diptera	Culi	Exponencial	0,0837	12,449	80	100
	Mus	Cúbico	0	0,9634	20,92	100
Hymenoptera	Form	Exponencial	11,783	0,2539	44,74	-
Isoptera	Termi	Gaussiano	0	0,5501	7,71	100
Orthoptera	Gry	Circular	0	0,3681	8,63	100
Insetos área de Pousio						
Ordem	Família	Modelo	C_0	C_0+C_1	A (m)	IDE (%)
Blattodea	Blat	Cúbico	0,4173	0,4148	30,64	-
Coleóptera	Bostr	Gaussiano	0	0,6494	15,06	100
	Chry	Cúbico	0	0,4921	34,4	100
	Curcu	Exponencial	0,3932	0,7641	154,02	48
	Scara	Circular	0	0,565	22,27	100
	Staph	Cúbico	0	0,4578	14,65	100
	Teneb	Exponencial	0,107	0,7724	11,96	86
Diptera	Culi	Cúbico	0	0,5381	31,99	100
Hemiptera	Cicad	Exponencial	0,6788	0,2368	52,88	-
	Core	Exponencial	0	0,2086	6,22	100
Hymenoptera	Form	Exponencial	25,212	0,1198	22,02	-
Orthoptera	Gry	Exponencial	40,468	0,0332	52,52	-

Aniso= Anisolabididae, blat= Blattidae, cler=Cleridae, curcu= Curculionidae, culi= Culicidae, form= Formicidae, gry= Gryllidae, platy= Platypodidae, scara= Scarabaeidae, scolys= Scolytidae, termi= Termitidae, bostr= Bostrichidae, mus= Muscidae, staph=Staphylidae, teneb= Tenebrionidae, core= Coreidae, cicad=Cicadellidae, chry=Chrysomelidae.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na análise dos dados dos insetos, os modelos escolhidos apresentaram valores de RMSE superiores aos valores encontrados de MAE (Tabela 11), pois quando ocorre o cálculo das métricas, o MAE possui tendência a ser menor que o RMSE, por atribuir o mesmo peso a todos os erros, enquanto o RMSE penaliza o erro considerado grande (CHAI; DRAXLER, 2014).

Tabela 11. Características das famílias de insetos coletadas na área de Mata Nativa e de Pousio. (RMSE = erro quadrático médio da raiz; MAE = erro médio absoluto).

Insetos área de Mata Nativa					
Ordem	Família	Willmott	RMSE	MAE	Modelo
Blattodea	Blat	0,60	10,169	0,900	Exponencial
Coleóptera	Bost	0,52	32,345	1,392	Exponencial
	Cler	0,36	0,9381	0,635	Exponencial
	Curcu	0,25	69,522	6,43	Exponencial
	Platy	0,66	12,236	0,845	Cúbico
	Scar	0,70	12,130	1,007	Esférico
	Scoly	0,63	11,011	0,557	Cúbico
	Staph	0,71	12,992	0,97	Exponencial
Dermaptera	Aniso	0,62	1,767	1,402	Circular
Diptera	Culi	0,55	14,030	1,08	Exponencial
	Mus	0,75	0,84	0,62	Cúbico
Hymenoptera	Form	0,33	79,223	7,20	Exponencial
Isoptera	Termi	0,37	0,7768	0,652	Gaussiano
Orthoptera	Gry	0,50	12,108	0,973	Circular
Insetos área de Pousio					
Ordem	Família	Willmott	RMSE	MAE	Modelo
Blattodea	Blat	0,33	10,739	0,815	Cúbico
Coleóptera	Bostr	0,53	0,7046	0,572	Gaussiano
	Chry	0,37	0,8279	0,68	Cúbico
	Curcu	0,16	14,630	1,093	Exponencial
	Scara	0,26	0,8025	0,65	Circular
	Staph	0,58	10,239	0,767	Cúbico
	Teneb	0,37	0,7603	0,58	Exponencial
Diptera	Culi	0,47	0,8531	0,752	Cúbico
Hemiptera	Cicad	0,17	11,410	0,862	Exponencial
	Core	0,18	0,9449	0,745	Exponencial
Hymenoptera	Form	0,23	27,899	26,57	Exponencial
Orthoptera	Gry	0,09	133,709	13,24	Exponencial

Aniso= Anisolabididae, blat= Blattidae, cler=Cleridae, curcu= Curculionidae, culi= Culicidae, form= Formicidae, gry= Gryllidae, platy= Platypodidae, scara= Scarabaeidae, scolys= Scolytidae, termi= Termitidae, bostr= Bostrichidae, mus= Muscidae, staph=Staphylidae, teneb= Tenebrionidae, core= Coreidae, cicad=Cicadellidae, chry=Chrysomelidae.

Fonte: Elaborado pela autora.

O bom ajuste do variograma possibilita estimar os valores em locais não amostrados através da ferramenta de krigagem, a eficiência do variograma é observada através da validação cruzada (SILVA et al., 2014), utilizamos a krigagem ordinária na análise dos dados dos atributos físicos do solo.

Os mapas de interpolação por Krigagem apresentam coloração verde para os menores valores, alterando para coloração amarelada nos valores maiores. Nos mapas de interpolação da área de Mata Nativa é possível observar que as famílias da ordem Coleóptera, principalmente Platypodidae, com cerca de 7 a 10 indivíduos e Culicidae, com cerca de 3 a 4 insetos, da ordem Díptera (Figura 7), apresentam preferência aos locais com PT de $0,52 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ a $0,57 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ e MAC de $0,20$ a $0,25 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ (Figura 5). A família Cleridae (Figura 7) também apresenta presença de 1 a 2 indivíduos em área com MAC de $0,20 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ a $0,25 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$.

Os indivíduos representantes da ordem Coleóptera podem agir melhorando a aeração da camada superficial do solo, diminuindo a quantidade de microporos, considerando que solos que possuem média e alta qualidade favorecem a riqueza de organismos, enquanto solos com baixa qualidade afetam de maneira negativa a presença de indivíduos edáficos no sistema (DE FARIAS, 2016).

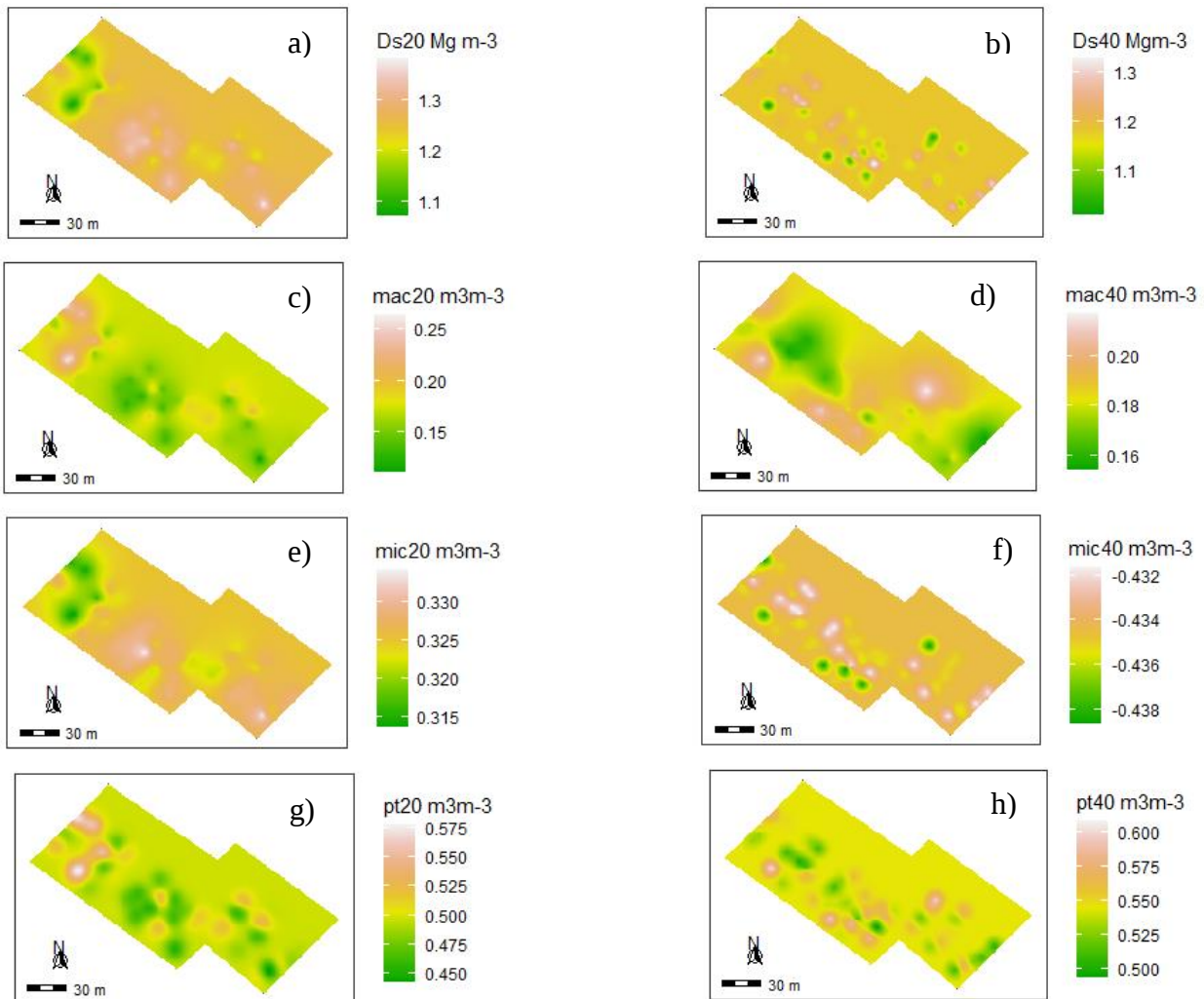
É possível observar também a presença das famílias Blattidae, com 4 a 5 indivíduos (Blattodea) e Gryllidae, presente com 3 a 4 insetos (Orthoptera) (Figura 7) em áreas com maiores valores dos atributos UV e UG (Figura 6).

Na área de mata nativa é possível analisar a relação da família Formicidae (Figura 7) com a DS e MIC (Figura 5). A presença de comunidades de formigas nas áreas se torna fundamental para a realização de estudos de impacto ambiental, pois elas agem na manutenção e restauração da qualidade do solo, insetos da ordem Díptera são fundamentais por exercerem função biológica no processo de decomposição da matéria orgânica, principalmente em área de mata, já que atuam sobre frutos fermentados e carcaças de animais silvestres, a família Blattidae também possui importância sobre a decomposição de resíduos orgânicos (AZEVEDO et al., 2011), sendo que as funções que esses indivíduos exercem no solo, ou sobre a vegetação e material orgânico presente no ambiente, agem diretamente nas características físicas desse solo, consequentemente aumentando sua qualidade física e nutritiva para as plantas.

Locais com maior complexidade estrutural tendem a apresentar maior riqueza de espécies, o que pode ser observado em áreas de floresta nativa, favorecendo o estabelecimento das formigas

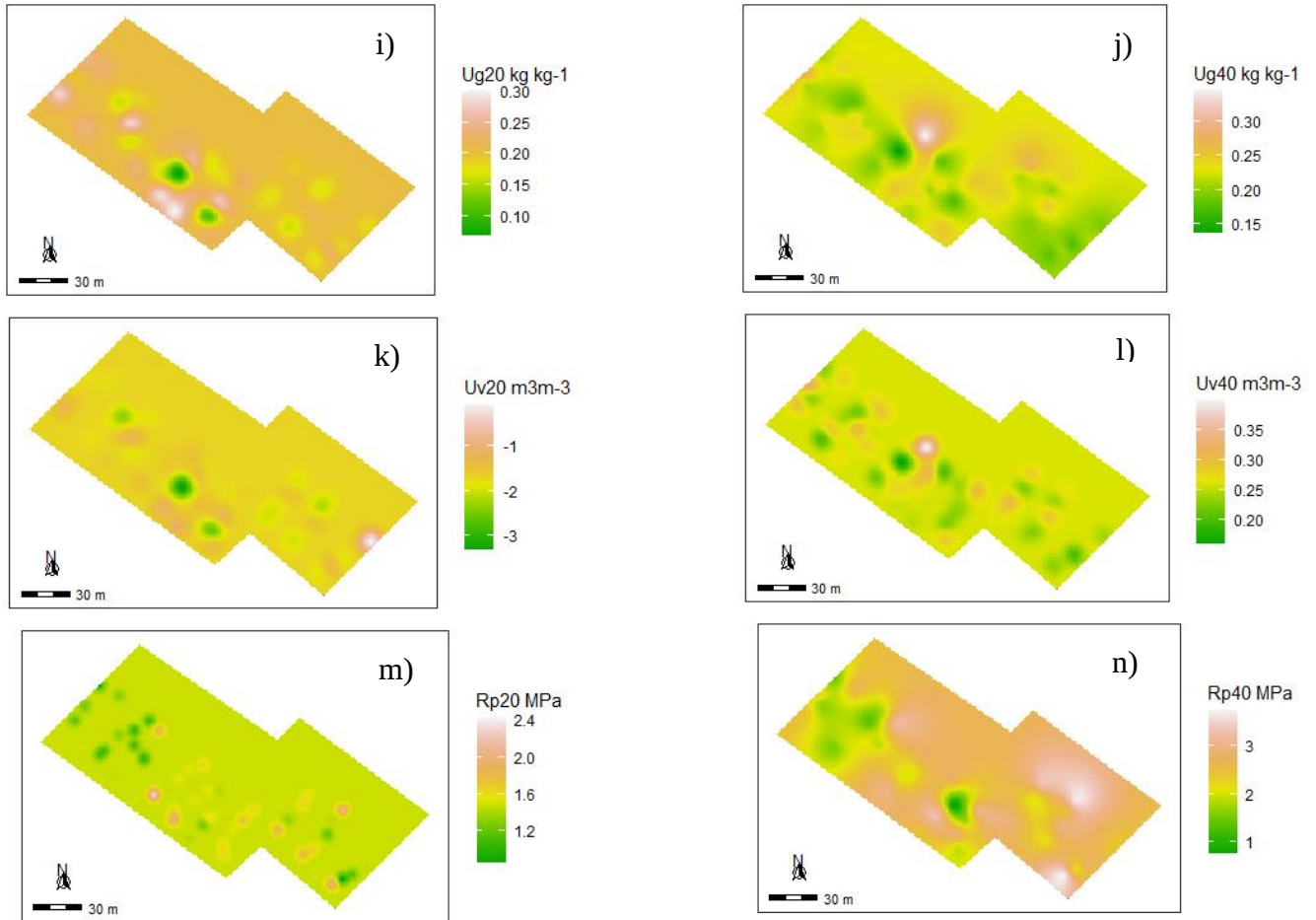
nos nichos existentes nessas áreas, sendo que, agroecossistemas com características diferentes tendem a influenciar na quantidade e número de espécies de formigas presentes (CANTARELLI et al., 2015).

Figura 5. Mapas de interpolação por krigagem dos atributos físicos do solo da área de Mata Nativa. (DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade, PT = porosidade total).



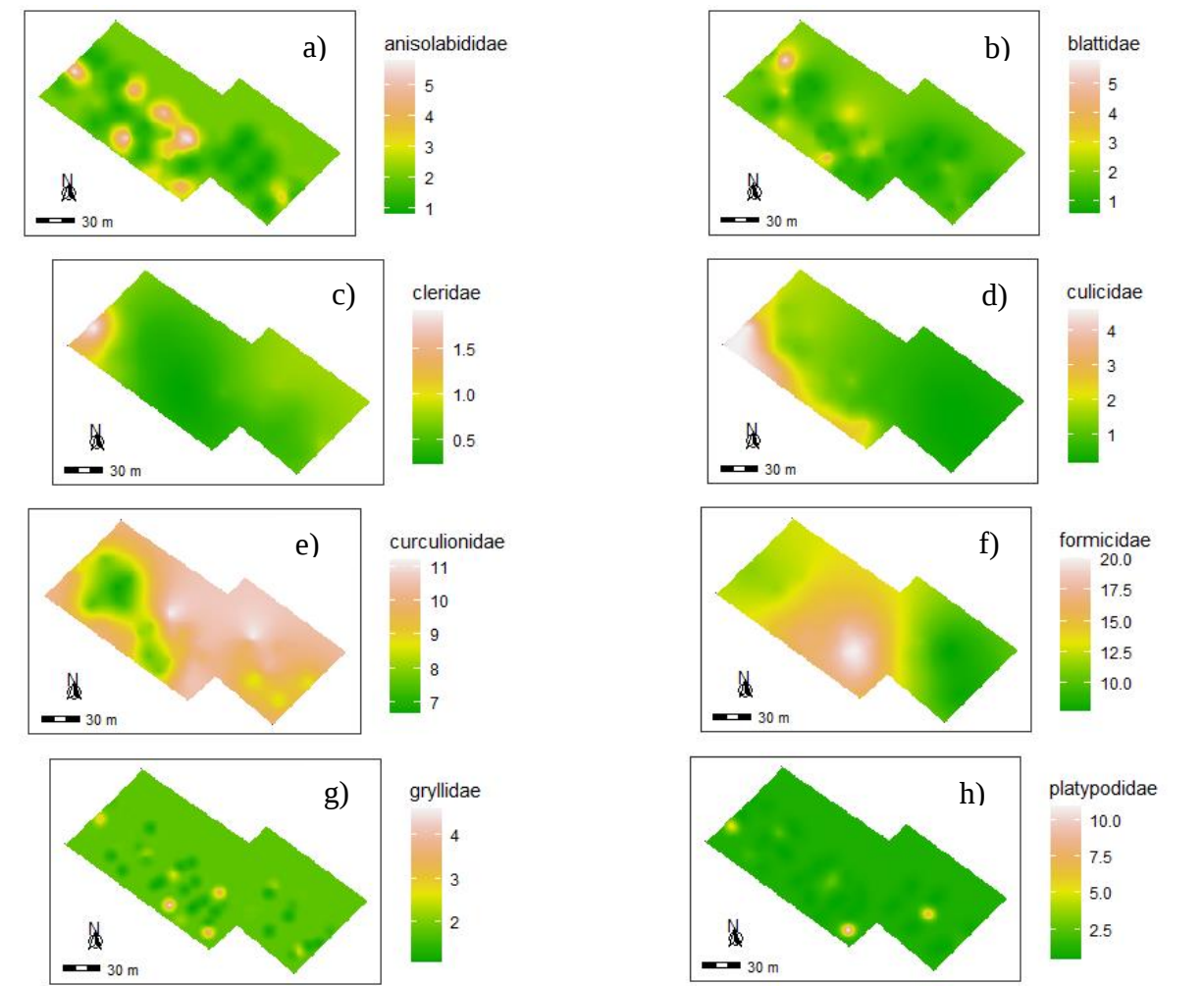
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 6. Mapas de interpolação por krigagem dos atributos físicos do solo da área de Mata Nativa. (UG = umidade gravimétrica, UV= umidade volumétrica e RP= resistência à penetração do solo).



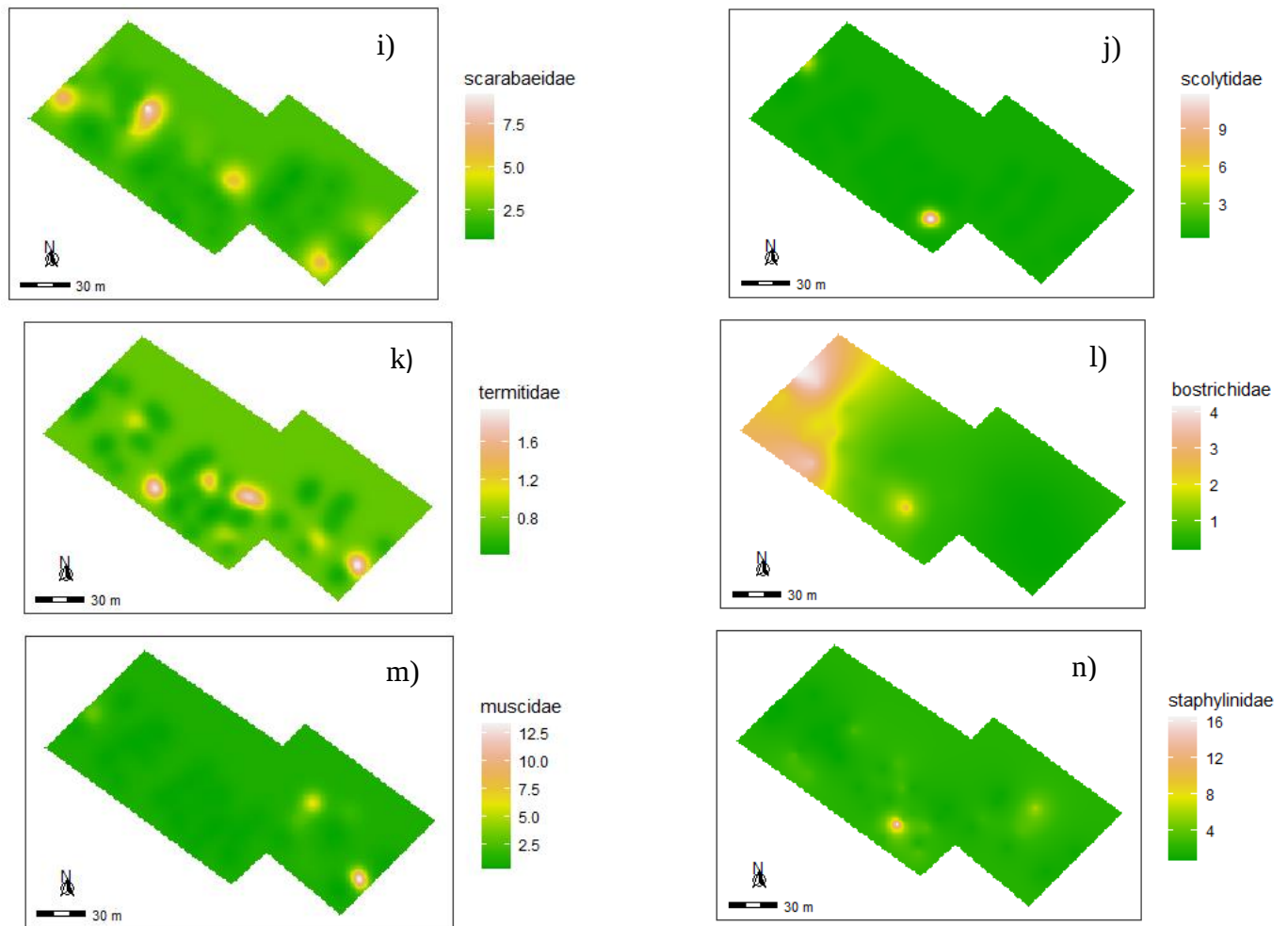
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7. Mapas de interpolação por krigagem das famílias de insetos coletados na área de Mata Nativa.



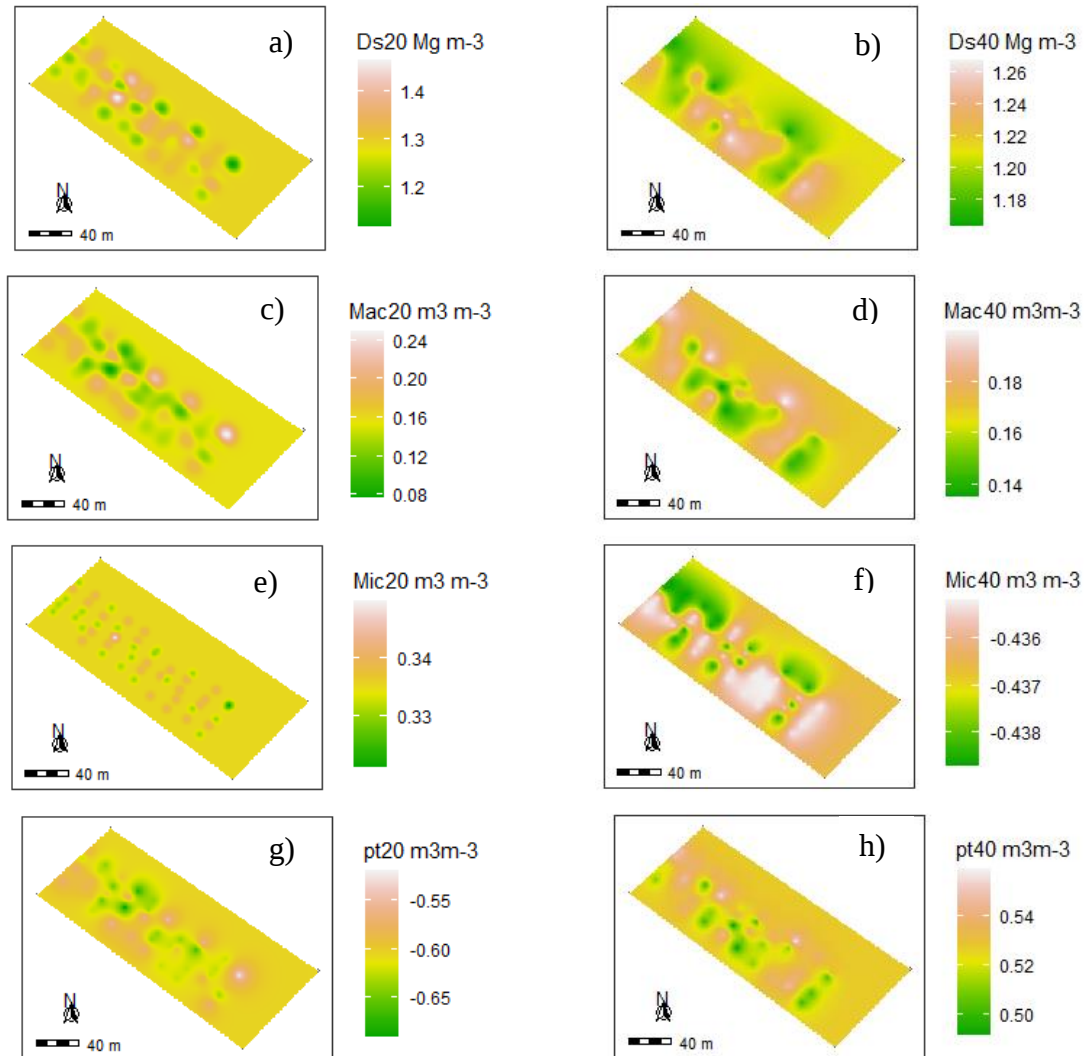
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 8. Mapas de interpolação por krigagem dos insetos coletados na área de Mata Nativa.



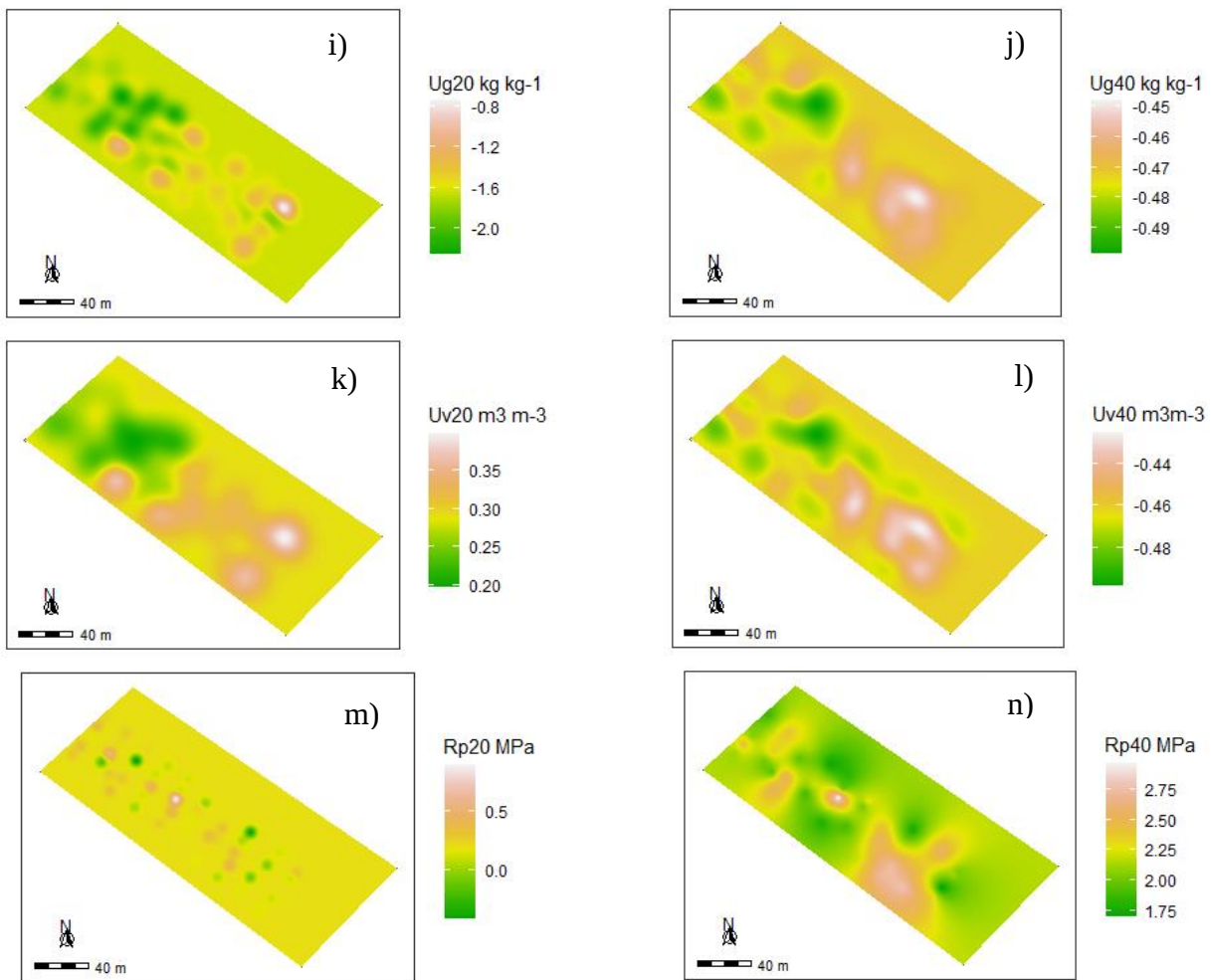
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 9. Mapas de interpolação por krigagem dos atributos físicos do solo da área de Pousio. (DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade, PT = porosidade total).



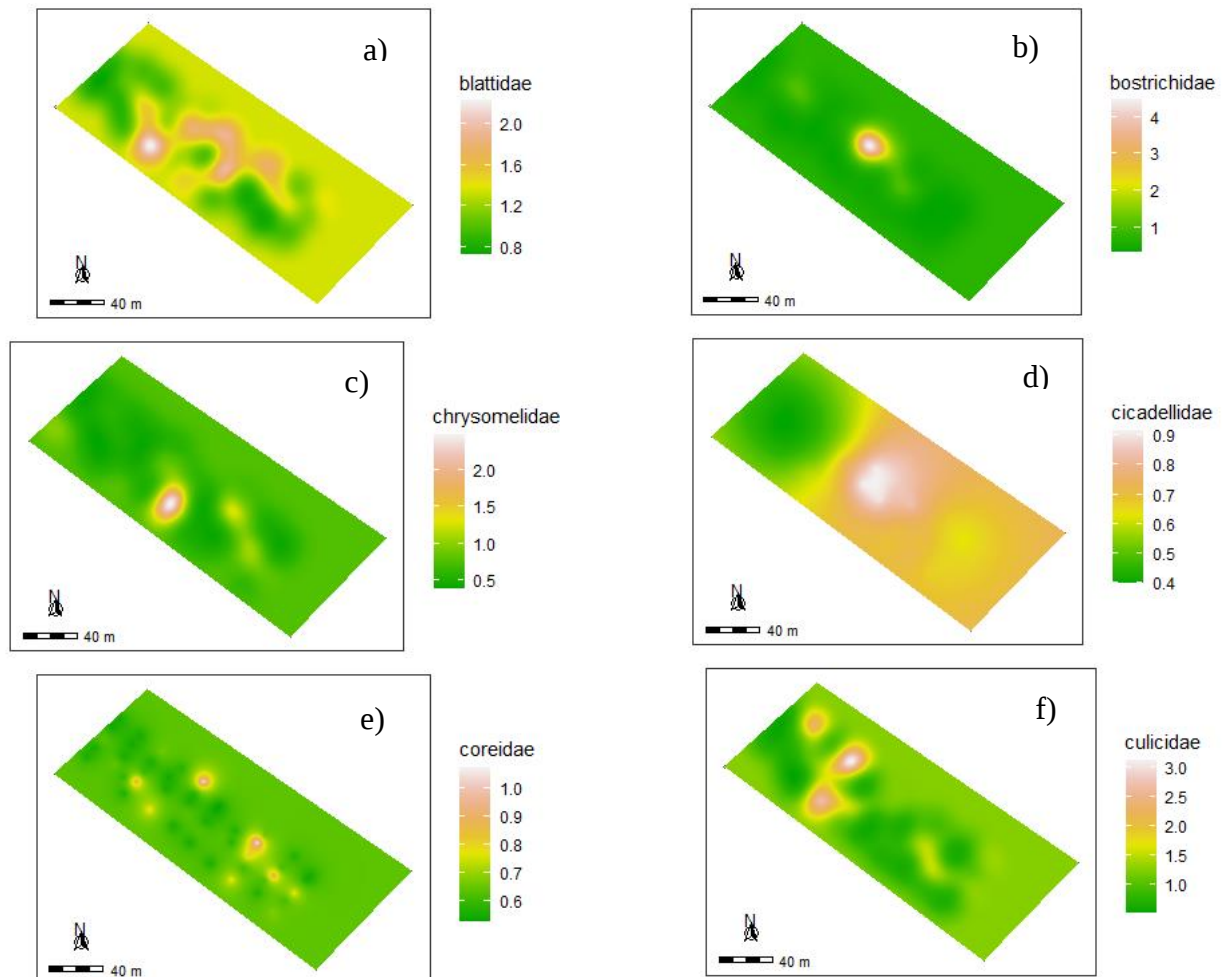
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 10. Mapas de interpolação por krigagem dos atributos físicos do solo da área de Pousio. (UG = umidade gravimétrica, UV= umidade volumétrica e RP= resistência à penetração do solo).



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 11. Mapas de interpolação por krigagem dos insetos coletados na área de Pousio.



Fonte: Elaborado pela autora.

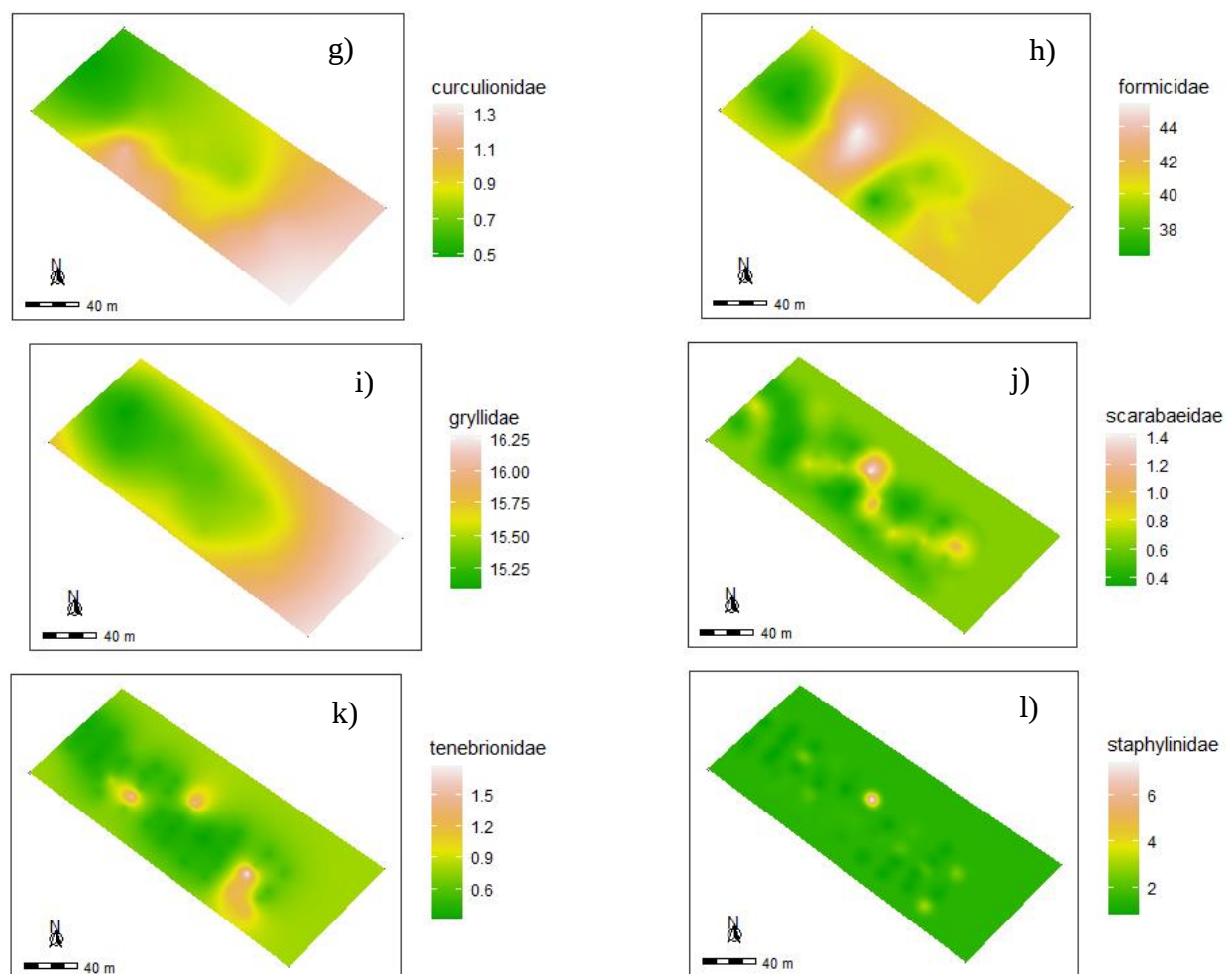
A família Blattidae (Blattodea) (Figura 11) apresenta mais de 2 indivíduos em locais com maior umidade do solo (Figura 10).

Na área de Pousio é possível observar a relação da família Scarabaeidae e Tenebrionidae (Coleóptera) (Figura 12) com o atributo MAC (Figura 9) com valor acima de $0,16 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$. A presença das ordens Coleoptera e Diptera em área que já ocorreu cultivo, pode afirmar que, há

diferentes escalas em que a fauna é distribuída no solo, considerando diversos fatores, como a matéria orgânica, cobertura vegetal, altura da vegetação, sendo que essa distribuição espacial não pode ser generalizada para habitats mais ou menos alterados, devido a sensibilidade dos indivíduos, sugerindo-se a utilização de determinados grupos para identificar a qualidade desse solo (RUEDA-RAMIREZ; VARELA, 2016)

Há relação também na quantidade de formigas (Formicidae) (Figura 12) com a DS (Figura 9). Considerando a malha amostral utilizada, em caso de manejo, é possível que este seja realizado de maneira mais pontual na área desejada, conhecendo-se a região com maior incidência do organismo (RIFFEL et al., 2012).

Figura 12. Mapas de interpolação por krigagem dos insetos coletados na área de Pousio.



Fonte: Elaborado pela autora.

Ao se pensar na utilização de sistemas de integração nas áreas, percebe-se os benefícios a serem alcançados, não somente em relação às vantagens econômicas e tecnológicas, mas, em relação às vantagens ecológicas, por ser um sistema ambientalmente adequado, trazendo vantagens na conformação da paisagem local, sendo um dos seus benefícios a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, justamente por proporcionar aumento da matéria orgânica, podendo ser introduzidos em diferentes unidades de produção, indiferente ao tamanho da propriedade e das condições financeiras do produtor (BALBINO et al., 2011).

6 CONCLUSÃO

Foi possível observar diferenciação entre a área de Mata Nativa e a área de Pousio, analisando e comparando os indivíduos da classe Insecta, presentes nos ambientes com diferentes usos, com os atributos físicos do solo, e, apresentando maior abundância, a área de Mata Nativa.

Foram encontrados maior número de famílias representantes da ordem Coleóptera, com destaques das famílias Scarabaeidae e Curculionidae. Porém, a família Formicidae, da ordem Hymenoptera possuiu maior quantidade de indivíduos encontrados em ambas as áreas, porém, maior quantidade coletada na área de Pousio.

As famílias estiveram mais associadas às características de umidade e porosidade do solo, sendo observado nos mapas de interpolação por krigagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, E.; BABAPOUR, S.; MAJNOUNIAN, B.; AMIRI, G.Z.; DELJOU EI, A. How does organic matter affect the physical and mechanical properties of forest soil? **J. For. Res.** 29(3):657–662. 2018.

ABREU, S. L. de; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. da; REINERT, D. J.; BLUME, E. Variabilidade espacial de propriedades físico- hídricas do solo, da produtividade e da

qualidade de grãos de trigo em Argissolo Franco Arenoso sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, mar-abr, 2003.

ALMADA, A. P.; PINHEIRO JUNIOR, C.R.; PEREIRA, M. G.; REIS, I. M. S.; SOUSA, M. A. de; PINTO, L. A. da S. R.; SANTOS, O. A. Q. dos. Characterization and classification of soils from an Amazonic Biome in western Pará. **Rev. Bras. Cienc. Agrar.** Recife, v.16, n.1, e8458, 2021.

ANDOGNINI, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; WARMLING, M. I.; TELES, J. S.; SILVA, G. B. da. Soil compaction effect on Black oat yield in Santa Catarina, Brazil. **Rev. Bras. Cienc. Solo.** 44:e0190157. 2020.

ARAÚJO, D. R.; MION, R. L.; SOMBRA, W. A.; ANDRADE, R. R. de; AMORIM, M. Q. variabilidade espacial de atributos físicos em solo submetido a diferentes tipos de uso e manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 101 – 115, abr. – jun., 2014.

ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico cultivado e sob mata nativa. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:337-345, 2004.

ARIAS, J. R.; PENNY, N. D. A entomofauna da bacia amazônica. Supl. **Acta Amazônica** 9(4): 103-107. 1978

ARTUR, A. G.; OLIVEIRA, D. P.; COSTA, M. C. G.; ROMERO, R. E.; SILVA, M. V. C.; FERREIRA, T. O. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.2, p.141–149, 2014.

AZEVEDO, F. R. de; MOURA, M. A. R. de; ARRAIS, M. S. B.; NERE, D. R. Composição da entomofauna da Floresta Nacional do Araripe em diferentes vegetações e estações do ano. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 58, n.6, p. 740-748, nov/dez, 2011.

AZEVEDO, V. A. N.; SILVINO, A. C. S.; BRAGA, P. E. T. B. Entomofauna edáfica em diferentes ambientes no município de Ipu, estado do Ceará. **Revista Principia**. Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB. Nº 36. 2017.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura – pecuária – floresta = Reference document crop-livestock-forestry integration**. Brasília, DF. Embrapa, 2011. 130p.:il. Color.; 18,5 cm x 25,5 cm.

BARROS, T. N.; MELO FILHO, J. F.; PEIXOTO, D. S.; BRANDÃO, V. F.; QUEIROZ, M. G. de; MACHADO, W. P. Variabilidade espacial de atributos químicos de latossolo amarelo distrocoeso sob sistema de plantio direto no recôncavo da Bahia. **Pensar Acadêmico**, Manhauçu, v. 16, n. 1, p. 138-147. Janeiro-junho. 2018.

BATISTA, I. F.; ZIMBACK, C. R. L.; VETTORATO, J. A. Variabilidade espacial da umidade do solo em irrigação por gotejamento sob cultivo protegido. **Irriga, Botucatu**, v.7, n.3. 2002.

BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M. de; PINTO, F. de A. de C; SOUZA, C. M. A. de. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, v. 44, n. 1, p. 1-9. Jan.- mar., 2013.

BOTTEGA, E. L.; SILVA, S. de A.; COSTA, M. M.; BOTTEGA, S. P. Cokrigagem na estimativa dos teores de Ca e Mg em um Latossolo Vermelho distroférico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 821-828, out-dez, 2011.

CAMARGO, A. J. A. de; OLIVEIRA, C.M. de; FRIZZAS, M. R.; SONODA, K. C.; CORRÊA, D. do C. V. Coleções entomológicas: legislação brasileira, coleta, curadoria e taxonomia para as principais ordens. Brasília, DF. **Embrapa**, 2015.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em Plantio Direto como Técnica de Conservação do Solo e da Água. **R. Bras. Ci. Solo**. 29:789-796, 2005.

CAMARGO, E. C. G. Geoestatística: Fundamentos e aplicações. In: CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de (Org.). **Geoprocessamento em projetos Ambientais**. São José dos Campos, SP. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 1998.

CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; SANTOS, L. A. C.; OLIVEIRA, I. A.; AQUINO, R. E.; BERGAMIN, A. C. Variabilidade espacial dos atributos físicos em um Argissolo Vermelho sob floresta. **Comunicata Scientiae** 4(2): 168-178, 2013.

CANTARELLI, E. B.; FLECK, M. D.; GRANZOTTO, F.; CORASSA, J. de N.; D'AVILA, M. Diversidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da Serrapilheira em Diferentes Sistemas de Uso do Solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 607-616, jul.-set., 2015.

CASARIL, C. E.; OLIVEIRA FILHO, L. C.I. de; SANTOS, J. C. P.; ROSA, M. G. da. Fauna edáfica em sistemas de produção de banana no Sul de Santa Catarina. **Rev. Bras. Cienc. Agrar.**, Recife, v.14, n.1, e5613, 2019.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. de S.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**. v.15, n.3, p.237–243, 2011.

CEDDIA, M. B.; VILLELA, A. L. O.; PINHEIRO, E. F. M.; WENDROTH, O. Spatial variability of soil carbon stock in the Urucu river basin, Central Amazon-Brazil. **Elsevier. Science of the Total Environment**. 526. 58–69. 2015.

CHAI, T.; DRAXLER, R. R.; Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? **Geosci. Model Dev. Discuss.**, 7, 1525–1534, 2014.

CHERUBIN, M. R.; SANTI, A. L.; BASSO, C. J.; EITELWEIN, M. T.; VIAN, A. L. Variabilidade da resistência a penetração do solo em função da dimensão da malha amostral. - **Revista Plantio Direto**. Set./Out. 2011

CORREIA, R.G. **Entomofauna Edáfica e armazenamento de Liteira em cultivos de *Swietenia Macrophylla* (King) na Amazônia Oriental**. 2018. 80f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais – Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, PA, 2018.

CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L.C.M. de. **Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, fev. 2000. 46p.

COUTO, W. H. do; DOS ANJOS, L. H. C.; WADT, P. G. S.; PEREIRA, M. G. Atributos Edáficos e Resistência a Penetração em Áreas de Sistemas Agroflorestais no Sudoeste Amazônico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 811-823, jul.-set., 2016.

CUSTÓDIO, G. D.; RIBON, A. A.; FERNANDES, K. L.; HERMÓGENES, V. T. L.; BARROS, L. R. Densidade do solo e densidade relativa – indicadores da qualidade física de um latossolo amarelo sob diferentes manejos de pastagens e mata nativa. **Rev. Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 50-62, Ago., 2015.

DAL PRÁ, E. **Geoestatística e imagens orbitais para caracterizar a distribuição espacial e danos de larvas de melolontídeos em cereais de inverno**. 2010. 82f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós- graduação em Engenharia Agrícola, 2010.

DAL PRÁ, E.; GUEDES, J. V. C.; CHERMAN, M. A.; JUNG, A. H.; SILVA, S. J. P. da; RIBAS, G. G. Uso da geoestatística para caracterização da distribuição espacial de larvas de *Diloboderus abderus*. **Ciência Rural**, v.41, n.10, out, 2011.

DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M. de P. e.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema de Plantio Direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 453-461, jul-set, 2012.

DE FARIAS, P. M. **Diversidade de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em agroecossistemas: funções ecossistêmicas e contribuição na ciclagem de nutrientes**. 2016. 182p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós – Graduação em Ecologia, 2016.

DEMATTE, J. L.I.; DEMATTE, J. A. M. Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta Amazônica e do Cerrado do Brasil Central. **Sci. Agric.** Piracicaba, 50(2): 272-286. jun./ set. 1993.

DIEL, D.; BEHLING, M.; FARIAS NETO, A. L. de; ISERNHAGEN, E. C. C. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivo exclusivos de soja e de integração lavoura- pecuária- floresta. **Pesq. agropec. Bras.**, Brasília, v.49, n.8, p.639-647, ago. 2014.

DINARDO – MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; PERCIN, D. Variabilidade espacial de populações de *Diatraea saccharalis* em canaviais e sugestão de método de amostragem. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p.577-585, 2011.

DINARDO – MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; VIEIRA, S. R.; FRACASSO, J. V.; GREGO, C. R. Uso da geoestatística na avaliação da distribuição espacial de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.3, p.449-455, 2007.

DINIZ, M. de A.; PEREIRA, J.; ULHÔA, J. L. R.; OLIVEIRA, A.; BORGES, M. V. Avaliação da entomofauna do solo em cana-de-açúcar convencional em diferentes cortes. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**. v.4, n.4, p. 5903-5920 out./dez. Curitiba, 2021.

DIONISIO, L. F. S.; LIMA, A. C. S.; MORAIS, E. G. F. de; CORREIA, R. G.; SANTOS, A. V. F. dos; XIMENES, C. K. dos S. Distribuição espacial de *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) em plantio de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq) em Roraima. **Revista Agro@mbiente** On-line, v. 9, n. 3, p. 327-336, julho-setembro, 2015.

EL – HUSNY, J. C.; SILVEIRA FILHO, A.; ANDRADE, E. B. de; CARVALHO, E. J. M.; BENCHIMOL, R. L.; VELOSO, C. A. C.; CORREA, J. R. V.; SOUZA, F. R. S. de. **Soja BRS Candeia: Comportamento e Recomendação para Plantio nas Microrregiões de Paragominas e Santarém, PA**. Embrapa, Belém – PA, 2006.

FERREIRA, E. V. de O.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, H.; MARTINS, A. P.; CARVALHO, P. C. de F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura- pecuária sob semeadura direta. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:161-169, 2011.

FORMIGA, L. D. A. da S.; OLIVEIRA, J. dos S.; GONÇALVES, M. V. P.; LIMA, F. O.; MARTINS, A. E. de S.; RODRIGUES, J. C.; SOARES, F. I. L.; MOREIRA, J. O. Estudo da Entomofauna de Diptera em Área de Proteção Ambiental no Maranhão, Brasil. **Rev. Geociênc. Nordeste, Caicó**, v.6, n.2, (Jul-Dez) p.257-265, 2020.

FRANÇA, J. M.; MIRANDA, L. M.; LEITE, M. V.; MOREIRA, E. A. Entomofauna Bioindicadora da Qualidade Ambiental e suas Respostas a Sazonalidade e Atratividade. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 12, n. 1, p. 03-16, jan./jul. 2014.

FREITAS, L. de; OLIVEIRA, I. A. de; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V.A.; GOMES, R. P. Indicadores da Qualidade Química e Física do Solo sob Diferentes Sistemas de Manejo. **UNIMAR CIÊNCIAS**, Marília/SP, V. 26, (1-2), pp. 08-25, ISSN 1415-1642. 2017.

GEMELLI, A.Y.; BARRETO, M. R. Entomofauna associada à couve em pequenas propriedades rurais em Lucas do Rio Verde, Mato Grosso. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**. V.11,n.6, p.120-131. 2020. DOI:<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0011>.

GIÁCOMO, R.G.; SOUZA, R. C. de; ALVES, M. C.; PEREIRA, M. G.; ARRUDA, O. G. de; GONZÁLEZ, A. P. Soil fauna: Bioindicator of soil recovery in Brazilian savannah. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 12, núm. 2, p. 236-243, 2017.

GOOVAERTS, P. Geostatistical analysis of disease data: estimation of cancer mortality risk from empirical frequencies using Poisson kriging. **International Journal of Health Geographics**. 4:31. 2005.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R.; LOURENÇÃO, A. L. Spatial distribution of *Pseudaletia sequax* franclemont in triticales under no-till management. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz.), v.63, n.4, p.321-327, July/August 2006.

GREGO, S.; GREGO, C. R.; RIBEIRO JR. P. J.; VAZ, C. M. P.; HURTADO, S.; RODRIGUES, K. de M. Densidade do solo de um Nitossolo sob cultivo de cana-de-açúcar utilizando análises geoestatística e bayesiana. III SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 8 a 10 de maio de 2013. Botucatu, SP. **Anais [...]**. Botucatu, SP, 2013.

GUIMARÃES, E. dos S.; SILVA, V. S. da; PADINHA, L. da S.; TAVARES, D. de C.; SILVA, L. M. da, FAYAL, J. de M.; GONÇALVES, S. A.; CRUZ, V. D. Diversidade de Artrópodes da Fauna Edáfica em Agroecossistema de Mandioca no Município de Cametá, Pará. **Agroecossistemas**, v. 11, n. 2, p. 66 – 72, ISSN online 2318-0188. 2019.

GUIMARÃES, W. D.; GRIPP JUNIOR, J.; MARQUES, E. A. G.; SANTOS, N. T.; FERNANDES, R. B. A.; Variabilidade espacial de atributos físicos de solos ocupados por pastagens. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 247-255, abr.-jun., 2016.

IDESP. Estatísticas Municipais de Santarém. 2014
www.idesp.pa.gov.br/pdf/statisticaMunicipal). Acesso em 10/04/2019.

JEREZ- VALLE, C.; GARCÍA, P. A.; CAMPOS, M.; PASCUAL, F. A simple bioindication method to discriminate olive orchard management types using the soil arthropod fauna. Elsevier. **Applied Soil Ecology**, 76 (2014) 42–51. 2014.

JUNQUEIRA JUNIOR, J. A.; BELONI, A. A. P. Continuidade espacial de atributos físicos do solo em Sub- bacia hidrográfica de Cabeceira. **Profiscientia**, n.9. 2014.

KATO, E.; RAMOS, M. L. G.; VIEIRA, D. de F. A.; MEIRA, A. D.; MOURÃO, V. C. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um latossolo vermelho- amarelo do cerrado, sob diferentes coberturas vegetais. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 732-738, Sept./Oct. 2010.

KLEIN, V. A. Densidade relativa – um indicador da qualidade física de um latossolo vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages. v.5, n.1, p. 26-32. 2006.

KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T. Indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico típico sob plantio direto escarificado. **Ciência Rural**, Santa Maria. 2009.

LANDIM, P.M.B & STURARO, J.R. Krigagem Indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos. Geomatematica, Texto Didático 6, DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, 2002.

LASMAR, O.; ZANETTI, R.; Dos SANTOS, A.; FERNANDES, BV. Use of Geostatistics to Determine the Spatial Distribution and Infestation Rate of Leaf-Cutting Ant Nests (Hymenoptera: Formicidae) in Eucalyptus Plantations. **Neotrop Entomol.** 41:324–332. 2012.

LIMA, J. R. de S.; SOUZA, E. S. de; ANTONINO, A. C. D.; SILVA, I. de F. da; CORRÊA, M. M.; LIRA, C. A. B. de O. Atributos físico-hídricos de um Latossolo Amarelo cultivado e sob mata nativa no Brejo Paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 9, núm. 4. pp. 599-605. 2014.

LIMA, K. D. R. de; CAMARA, R.; CHAER, G. M.; PEREIRA, M. G.; RESENDE, A. S. de. Soil Fauna As Bioindicator Of Recovery Of Degraded Areas In The Caatinga Biome. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 2, p. 401 – 411, abr. – jun., 2017.

LUCIANO, R.V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; KURTZ, C.; FAYAD, J. A. Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.9, n.1, p. 09-19, 2010.

LUDWIG, R. L.; PIZZANI, R.; SCHAEFER, P. E.; GOULART, R. Z.; LOVATO, T. Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na diversidade da fauna edáfica na região central do Rio Grande do Sul. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.8, N.14. 2012.

MARTINS, E. L.; SOUZA, R. F. da S.; FRAGA, V. da S.; MAGALHÃES, A. G.; MEDEIROS, S. de S. Efeitos da variabilidade espacial da densidade do solo e fração grosseira na estimativa dos estoques de nutrientes em solo degradado. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 5, n. 12, p. 29434-29449, dec. 2019.

MION, R. L.; NASCIMENTO, E. M. S.; SALES, F. A. de L.; SILVA, S. F. da; DUARTE, J. M. L.; SOUSA, B. M. de. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2057-2066, nov./dez. 2012.

MOLINE, E. F. da V.; COUTINHO, E. L. M. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 58, n. 1, p. 14-20, jan./mar. 2015.

MORAIS, V. A.; FERREIRA, G. W. D.; MELLO, J. M de; SILVA, C. A.; MELLO, C. R. de; ARAÚJO, E. J. G.; DAVID, H. C.; SILVA, A. C. da; SCOLFORO, J. R.S. Spatial distribution of soil carbon stocks in the Cerrado biome of Minas Gerais, Brazil. **Elsevier, Catena** 185 (2020) 104285. 2020.

NIERO, M. M.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Influência da paisagem nas assembleias de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em um ambiente agrícola no sul de Santa Catarina. **Revista Biotemas**, 30 (3), setembro de 2017.

NOGUEIRA, A. K. da S.; RODRIGUES, R. de A. R.; SILVA, J. J. N. da; BOTIN, A. A.; SILVEIRA, J. G. da; MOMBACH, M. A.; ARMACOLO, N. M.; ROMEIRO, S. de O. Fluxo de óxido nitroso em sistema de integração lavoura- pecuária- floresta. **Pesq. agropec. Bras.**, Brasília, v.51, n.9, p.1156-1162, set. 2016.

NOVAES FILHO, J. P.; COUTO, E. G.; OLIVEIRA, V. A. de; JOHNSON, M. S.; LEHMANN, J.; RIHA, S. S. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo usada na identificação de classes pedológicas de microbacias na Amazônia meridional. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:91-100, 2007.

NUNES GUTJAHR, A. L.; MARTINS, A. M.; BRAGA, C. E. de S.; SANTOS, S. S. V. Artropodofauna edáfica de um Sistema Agroflorestal (SAF) em um assentamento agrário na Região Amazônica. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer, Jandaia, GO. v. 17. n.33. p. 86. 2020.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I. de; SCHNEIDER, L. F.; TELES, J. S.; WERTER, S.D.; SANTOS, J. C. P. Fauna Edáfica Em Áreas Com Diferentes Manejos e Tempos De Descarte De Resíduos Animais. **SA** vol. 19 n°. 1 Curitiba, p. 113-123. Jan/Mar 2018.

OLIVEIRA, D. G. de; REIS, E. F. dos; MEDEIROS, J. C.; COUTO, R. F.; HOLTZ, V.; MADARI, B. E. Correlação espacial e linear de atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura pecuária. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 15, n. 1, p. 69-77, 2017.

OLIVEIRA, I. A. de; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; AQUINO, R. E. de; MARQUES JÚNIOR, J.; NASCIMENTO, E. P do. Variabilidade Espacial de Atributos Físicos em um Cambissolo Háplico, sob Diferentes Usos na Região Sul do Amazonas. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:1103-1112, 2013.

PAZINI, J. de B.; BOTTA, R. A.; SEIDEL, E. J. ; SILVA, F. F. da; MARTINS, J. F. da S.; BARRIGOSI, J. A. F.; RUBENICH, R. Geoestatística aplicada ao estudo da distribuição espacial de *Tibraca limbativentris* em arrozal irrigado por inundação. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.45, n.6, p.1006-1012. Jun, 2015.

PEREIRA, J. de M.; BARETTA, D.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I. de; BARETTA, C. R. D. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica e suas relações com atributos químicos, físicos e microbiológicos em Floresta de Araucária. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 242-257, jan./mar. 2020.

POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **S.A** vol. 17 n° 1 Curitiba, p. 16-28. Jan./mar. 2016

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RAMOS, A. P. dos; AGUIAR, M. I. de. Fauna edáfica em diferentes manejos agrícolas na região do maciço de Baturité, Ceará. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**. doi: 10.14583/2318-7670. Nativa, Sinop. 2019.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1805-1816, 2008.

RESENDE, R. S.; AMORIM, J. R. A.; CRUZ, M. A. S.; MENESES, T. N. Distribuição espacial e lixiviação natural de sais em solos do Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, (Suplemento), p.S46–S52, 2014.

RIFFELL, C. T.; GARCIA, M. S.; SANTI, A. L.; BASSO, C. J.; FLORAL, L. P. D.; CHERUBIN, M. R.; EITELWEIN, M. T. Densidade amostral aplicada ao monitoramento georreferenciado de lagartas desfolhadoras na cultura da soja. **Ciência Rural**, v.42, n.12, dez, 2012.

RODRIGUES, D. de M.; FERREIRA, L. O.; SILVA, N.R. da; GUIMARÃES, E. dos S.; MARTINS, I. C. F.; OLIVEIRA, F. de A. Diversidade de artrópodes da fauna edáfica em agroecossistemas de estabelecimento agrícola familiar na Amazônia Oriental. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 59, n. 1, p. 32-38, jan./mar. 2016.

ROSA, L. M. F.; SANTOS, G. R dos; SANTOS, A. M. R. T.; MEDEIROS, N. das G.; KALEITA, A. Krigagem: um estudo comparativo entre 2 versões do Arcgis e o R. IN;

SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 4. 2015, Botucatu. [**Anais**], Botucatu, São Paulo, 2015.

ROSA, M. G. da; KLAUBERG FILHO, O.; BARTZ, M. L. C.; MAFRA, A. L.; SOUSA, J. P. F. A de; BARETTA, D. Macrofauna Edáfica e Atributos Físicos e Químicos em Sistemas de Uso do Solo no Planalto Catarinense. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:1544-1553, 2015.

RUEDA-RAMÍREZ D. M.; VARELA A. Distribución espacial, composición y densidad de edafofauna en hojarasca de bosque y cafetal (Montenegro, Colombia). **Acta biol.** 21(2):399-412. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/abc.v21n2.43814>. Colomb. 2016.

SALOMÃO, P. E. A.; KRIEBEL, W.; SANTOS, A. A. dos; MARTINS, A. C. E. A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. **Research, Society and Development**, v. 9, n.1, e154911870, 2020.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. de S. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p.183–189, 2009.

SANTANA, H. M de P.; SANO, E. E.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. P. de; LACERDA, M. P. C.; MALAQUIAS, J. V. Relação entre Atributos Físicos e Químicos dos Solos e a Produtividade de Capim dourado na Região do Jalapão, TO. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:1172-1180, 2015.

SANTIAGO, W. R.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; BISPO, C. J.C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; Débora Cristina CASTELLANI, D. C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia oriental. **Acta**

Amazonica. VOL. 43(4). 395 – 406. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000400001>.

SANTOS, E. A.; STACKE, R. F.; MACHADO, M. R.R.; MAGANO, D. A.; GUEDES, J. V. C. Distribuição espaço- temporal de *Diatraea saccharalis* sobre cana- de- açúcar em São Vicente do Sul – RS. IN: SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 4. 2015, Botucatu. **Anais** [...], São Paulo, 2015.

SANTOS, G. R. dos; OLIVEIRA, M. S. de; LOUZADA, J. M.; SANTOS, A. M. R. T. Krigagem simples versus krigagem universal: qual o preditor mais preciso? **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, vol. 26, n.2, 2011, p.49-55. Botucatu, 2011.

SANTOS, R. S.; SILVA, D. A. da; PEREIRA, A. A.A.; OLIVEIRA, L. C. de. Levantamento da Entomofauna Edáfica Associada à Mata Ripária e Sistema Agroflorestal, em Rio Branco, AC. **Agrotrópica** 28(3): 277 - 284. 2016. DOI: 10.21757/0103-3816.2016v28n3p277-284.

SEIDEL, E. J.; OLIVEIRA, M. S. de. Novo Índice Geoestatístico para a Mensuração da Dependência Espacial. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:699-705, 2014.

SILVA, A. F. da; BARBOSA, A. P.; ZIMBACK, C. R. L.; LIMA, J. S. de S.; LANDIM, P. M. B. Análise multivariada na diferenciação entre manejos do solo cultivado com café. **Energ. Agric.**, Botucatu, vol. 29, n.1, p.57-63, janeiro-março, 2014. Botucatu, 2014.

SILVA, A. R. da; **Métodos de análise multivariada em R**. Piracicaba. FEALQ. 2016. 167 p.:il.

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C. Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração Lavoura- Pecuária- Floresta (ILPF) Homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. **Revista AGROTEC.** v. 37, n. 1, p. 96-104, 2016.

SILVA, G. R. da; SILVA Jr. M. L. da; MELO, V. S. de. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um Latossolo amarelo do Estado do Pará. **Acta Amazonica.** VOL. 36(2), p.151 – 158. 2006.

SILVA, M. T. B. da; GRUTZMACHER, A. D.; RUEDELL, J.; LINK, D.; COSTA, E. C. Influência de sistemas de manejo de solos e de culturas sobre insetos subterrâneos. **Ciência Rural.** v.24, n.2, p. 247-251, Santa Maria 1994.

SILVA, V. R. da; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. **Ciência Rural.** v. 34, n.2, p. 399- 406. Mar- abr, Santa Maria, 2004.

SILVA, V. R. da; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **R. Bras. Ci. Solo.** 24:191-199, 2000.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F.; ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, J. G. da. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um latossolo. **Biosci. J.** v. 24, n. 3, p. 53-59, July/Sept. Uberlândia, 2008.

SONG, F.; XU, M.; DUAN, Y.; CAI, Z.; WEN, S.; CHEN, X.; SHI, W.; COLINET, G. Spatial variability of soil properties in red soil and its implications for site-specific fertilizer management. **Elsevier, Journal of Integrative Agriculture.** 19(9): 2313–2325. 2020.

SOUZA, S. T. de; CASSOL, P. C.; BARETTA, D.; BARTZ, M. L. C.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; ROSA, M. G. da. Abundance and Diversity of Soil Macrofauna in Native Forest, Eucalyptus Plantations, Perennial Pasture, Integrated Crop-Livestock, and No-Tillage Cropping. **Rev. Bras. Cienc. Solo**. 40:e0150248. 2016.

SPILLER, M. S.; SPILLER, C.; GARLET, J. Arthropod bioindicators of environmental quality. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 12, n. 1, p. 41-57. Janeiro-março, 2018

STOLF, R.; FERNANDES, J. & URLANI NETO, V.L. **Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar - Stolf**. São Paulo, MIC/IAA/ PNMCA-Planalsucar, 1983. 8p. (Boletim, 1). São Paulo, 1983.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Ver. Bras. Cien. Solo**. Vol. 25, núm. 2, p. 395-401. Viçosa, 2001.

TACCA, D.; KLEIN, C.; PREUSS, J. F. Antropodofauna do solo em um bosque de eucalipto e um remanescente de mata nativa no sul do Brasil. **Revista Thema**. Vol. 14. N.2. 2017.

TAVARES, R. L. M.; CAMPOS, M. C. C.; SOUZA, Z. M. de; LA SCALA, N. Análise geoestatística da emissão de co₂ e macroporosidade de um Latossolo Vermelho eutrófico sob cana-de-açúcar. **Energ. Agric.** vol. 32, n.4, p.349-355, outubro-dezembro. Botucatu, 2017.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise do solo**. Brasília, DF. Embrapa, 573p. 2017.

TEIXEIRA, A. F. R.; SILVA, V. M. da; MENDONÇA, E. de S. fauna edáfica em sistemas arborizados de café conilon em solo de tabuleiros costeiros. **Coffee Science**. v. 9, n. 3, p. 385-393, jul./set. Lavras, 2014.

UNIYAL, S.; PUROHIT, S.; CHAURASIA, K.; SRINIVAS RAO, S.; AMMINEDU, E. Quantification of carbon sequestration by urban forest using Landsat 8 OLI and machine learning algorithms in Jodhpur, India. **Urban Forestry & Urban Greening**. 67 (2022) 127445. 2021.

VALE JUNIOR, J. F. do; SOUZA, M. I. L. de; NASCIMENTO, P. P. R. R. do; CRUZ, D. L. de. S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@mbiente** On-line, v. 5, n. 2, p.158-165, maio-agosto, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v5i2.562>.

VASCONCELLOS, R. L. F.; SEGAT, J. C.; BONFIM, J. A.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology**. 58 (2013) 105 e 112. 2013.

VIEIRA, S. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. IN: NOVAIS, R. F. *et al* (Eds). Tópicos em Ciência do Solo, 1. Sociedade Brasileira de Ciência do solo. 2000.

YAMAMOTO, J. K.; **Estatística, análise e interpolação de dados geoespaciais**. 1 ed. São Paulo. Gráfica Paulos, 2020.

ZUCCHI, R. A.; VENDRAMIM, J. D.; BERTI FILHO, E. Importância dos insetos e manejo de pragas. IN: **Curso de entomologia aplicada à agricultura**. Piracicaba, FEALQ. 1992. 760p.: il.

ANEXO

Carta entomológica

Por

Aluna de Mestrado: Elaine da Silva Santos;

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patricia Chaves de Oliveira;

Coorientador: Prof. Dr. José Augusto Amorim Silva do Sacramento.

INTRODUÇÃO

Devido grande importância dos insetos para a conservação da biodiversidade, aqui apresentamos alguns indivíduos classificados a nível de família e ordem, respectivamente, resultado da pesquisa de Mestrado em área de estudo localizada em Santarém próximo ao Município de Mojuí dos Campos - Pa.

BLATTIDAE - BLATODEA

Fonte: brisbaneinsects.com



Representantes e nomes

comuns: Várias espécies de barata. A ordem blattodea também possui outras famílias de cupins importantes no processo de aeração do solo.

Importância: alimentam - se de detritos presentes no solo, restos de plantas e alguns são escavadores.

BOSTRICHIDAE - COLEOPTERA



Representantes e nomes

comuns: algumas espécies de besouros e brocas.

Importância: alimentam-se da madeira. Alguns considerados maléficos em áreas agrícolas e florestais.

CHRYSOMELIDAE - COLEOPTERA

Fonte:flickr.com



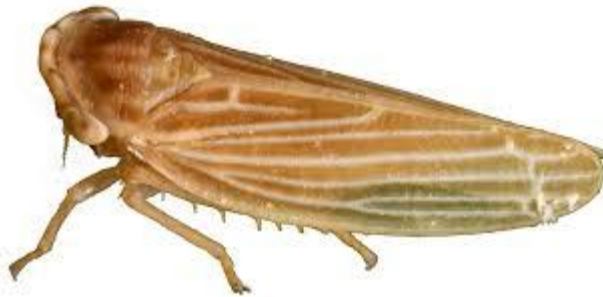
Representantes e nomes

comuns: algumas espécies de besouros.

Importância : alimentam-se de folhas e caule. Alguns considerados maléficos na agricultura. As larvas movimentam-se no solo.

CICADELLIDAE - HEMIPTERA

Fonte:cicadellidae.myspecies.info



Representantes e nomes

comuns: cigarrinhas.

Importância : alimentam-se do xilema das plantas se tornando, em alguns casos, vetores de doenças.

COREIDAE - HEMIPTERA

Fonte: genent.cals.ncsu.edu



Representantes e nomes comuns: várias espécies de percevejos.

Importância : alimentam-se das plantas, considerados importantes no setor agrícola por atacarem culturas de importância econômica.

CULICIDAE - DIPTERA

Fonte: diptera.myspecies.info



Representantes e nomes comuns: espécies de mosquitos.

Importância : podem ser vetores de doenças em humanos.

CURCULIONIDAE - COLEOPTERA

Fonte: biodiversity4all.org



Representantes e nomes

comuns: algumas espécies de besouros.

Importância : larvas podem abrir galerias nas plantas, as coleobrocas, prejudicando as culturas agrícolas.

FORMICIDAE - HYMENOPTERA

Fonte: biodiversity4all.org



Representantes e nomes

comuns: inúmeras espécies de formigas.

Importância: degradam a matéria orgânica colaborando no processo de regeneração de florestas, atuando assim no processo de ciclagem de nutrientes no solo.

GRYLLIDAE - ORTHOPTERA

Fonte: biodiversity4all.org



Representantes e nomes comuns: representados pelos grilos.

Importância : algumas espécies podem se predadores de outros indivíduos causadores de danos às plantas. Porém, alguns são considerados maléficos por causarem danos às plantações agrícolas.

SCARABAEIDAE - COLEOPTERA

Fonte: bugguide.net



Representantes e nomes comuns: espécies de besouros, por exemplo, o rola-bosta.

Importância : se alimentam de restos orgânicos, colaborando com a ciclagem de nutrientes no ecossistema, colaborando também na aeração do solo.

TENEBRIONIDAE - COLEOPTERA

Fonte: pt.swewe.net



Representantes e nomes

comuns: espécies de besouros.

Importância : alguns são detritívoros, alimentando-se de restos orgânicos, outros são conhecidos por causarem danos em culturas agrícolas,

STAPHYLINIDAE - COLEOPTERA

Fonte: spain.inaturalist.org



Representantes e nomes

comuns: espécies de besouros conhecidos como potós.

Importância : contribuem na fertilização do solo, decompondo matéria orgânica.

ANISOLABIDIDAE - DERMAPTERA

Fonte: reabic.net



Representantes e nomes comuns: tesourinha.

Importância : podem atuar no controle biológico de outros insetos considerados nocivos às culturas agrícolas.

CLERIDAE - COLEOPTERA

Fonte: commons.wikimedia.org

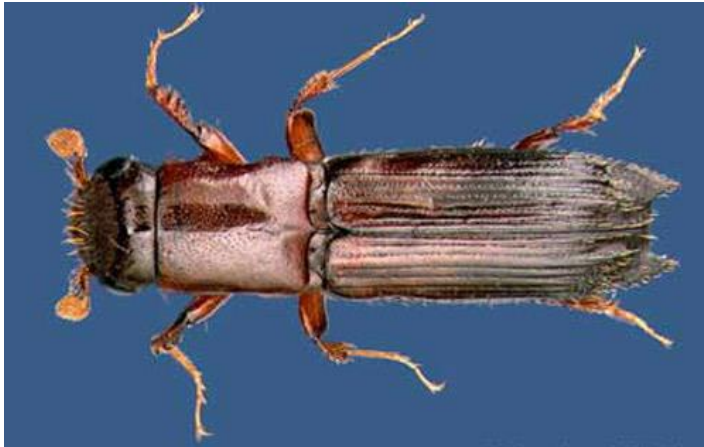


Representantes e nomes comuns: espécies de besouros.

Importância : podem atuar no combate a outros insetos que prejudicam plantações.

PLATYPODIDAE - COLEOPTERA

Fonte: entnemdept.ufl.edu



Representantes e nomes comuns: espécies de besouros, algumas brocas.

Importância : alimentam-se de madeira morta, como troncos e galhos de árvores.

SCOLYTIDAE - COLEOPTERA

Fonte: zin.ru.com



Representantes e nomes comuns: espécies de besouros e brocas.

Importância : podem ser danosos em algumas culturas agrícolas.

TERMITIDAE - ISOPTERA

Fonte: insectimages.org



Representantes e nomes comuns: cupins.

Importância : atuam no processo de ciclagem de nutrientes e podem agir também no processo de formação do solo.

MUSCIDAE - DIPTERA

Fonte: indiabiodiversity.org



Representantes e nomes comuns: moscas.

Importância: podem ser predadores de outros insetos e agir também no processo de decomposição de matéria orgânica.

AGRADECIMENTOS:

À Universidade Federal do Oeste do Pará por permitir a realização dos estudos na Fazenda Experimental.

Ao Laboratório de Microscopia por possibilitar a utilização dos equipamentos para a identificação dos indivíduos.

Ao Programa Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão – PEEEx e à Universidade Federal do Oeste do Pará pelo apoio financeiro na execução dos trabalhos.

Ao Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais da Amazônia por possibilitar a realização do Metrado Acadêmico.

A todos que apoiaram e colaboraram com a execução deste projeto.

SANTARÉM – PA

2022